



KOTITALOUSKÄYTTÖINEN AURINKOSÄHKÖLLÄ LADATTAVA AKKUPOHJAINEN ENERGIAVARASTO

Energiavarastoa koskevat määräykset ja
markkinapotentiaali

Laura Julin



Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

JULIN, LAURA:

Kotitalouskäyttöinen aurinkosähköllä ladattava akkupohjainen energiavarasto
Energiavarastoa koskevat määräykset ja markkinapotentiaali

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Aurinkosähkön käyttö on kasvanut maailmalla viime vuosina, minkä vuoksi myös energiavarastojen tarve ja kysyntä ovat kasvaneet parina viime vuotena runsaasti. Uusia ratkaisuja on tullut markkinoille erityisesti vuosina 2015–2017 Euroopasta ja Yhdysvalloista. Kysyntä tulee varmasti myös kasvamaan lisää lähitulevaisuudessa, sillä monet valtiot tukevat aurinkosähköinvestointeja tavoitteenaan tulla riippumattomiksi fossiilista polttoaineista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kotitalouskäyttöön soveltuvaa, aurinkosähköllä ladattavaa akkupohjaista energiavarastoa koskevat määräykset sekä kartoittaa energiavaraston markkinapotentiaalia. Määräyksiä oli tarkoitus selvittää Suomen ja EU-maiden toimintaympäristössä keskittyen erityisesti siihen, miten määräykset vaikuttavat energiavaraston tekniseen rakenteeseen ja ominaisuuksiin.

Energiavaraston markkinapotentiaalia selvitettiin kaikkialla maailmassa. Selvityksessä kävi ilmi, että energiavarastojen markkinapotentiaali kasvaa kaikkialla maailmassa; Saksassa, Yhdysvalloissa ja Australiassa kasvu on kaikkein nopeinta. Suomessa kasvua hidasaa investointien korkeat kustannukset, sillä valtio ei tue energiavarastoinvestointeja.

Energiavarastoa koskevien määräysten selvityksessä kartoitettiin ensin, mitkä määräykset koskevat kyseistä sähkölaitetta. Näitä ovat sähköturvallisuuslaki 1135/2016, valtioneuvoston asetukset 520/2014, 1436/2016 sekä 1437/2016, standardit SFS 6000, SFS-EN 50272-01 sekä SFS-EN 50272-02 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit 2006/66/EY, 2013/56/EU sekä 2014/34/EU. Näitä määräyksiä tutkittiin siltä osin, kuin ne koskevat akkupohjaista energiavarastoa. Lopuksi opinnäytetyössä selvitettiin, mitä vaaditaan, että sähkölaitteeseen voi kiinnittää CE- tai FI-merkin.

Opinnäytetyössä saatiin kartoitettua energiavarastoa koskevat oleelliset vaatimukset, ja miten ne vaikuttavat akkupohjaiseen energiavarastoon. Myös energiavaraston markkinapotentiaali saatiin selvitettyä kattavasti eri puolilta maailmaa, keskittyen erityisesti Saksan markkinoihin.

Asiasanat: energiavarasto, markkinapotentiaali, määräykset

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

JULIN, LAURA:

Solar-Powered Rechargeable Battery-Based Energy Storage for Household use
Regulations and Market Potential for Energy Storage

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 2 pages
April 2018

The use of solar power has increased worldwide in recent years, which is why need and demand for energy storages have grown considerably over the last few years. New solutions have entered the market especially in the years 2015–2017 from Europe and the United States. Demand will surely grow in the near future, as many states support photovoltaic investments with a view to become independent of fossil fuels.

The purpose of this thesis is chart household's battery energy storage market potential and examine how regulations affect its technical structure and features. The regulations were explored in the operating environment of Finland and the EU countries.

There is potential in energy storage market all over the world. The survey showed that energy storage market potential is growing all over the world but it grows most rapidly in German, the United States and Australia. In Finland, growth is slowed by the high cost of investment, as the state does not support energy storage investments.

In the account of energy storage regulations, it was first mapped out which regulations apply to electrical device in question. These are Electrical safety law 1135/2016, Government's settings 520/2014, 1436/2016 and 1437/2016, standards SFS 6000, SFS-EN 50272-01 and SFS-EN 50272-02 along with European Parliament's and council's directives 2006/66/EY, 2013/56/EU and 2014/34/EU. These regulations were examined in so far as they concern the battery-based energy storage. Finally, the thesis investigated what is required to attach the CE marking or the FI marking to electrical device.

In this thesis the essential requirements for the inventory of energy storages were mapped and how they affect to battery-based energy storage. Also, energy storage market potential was found out extensively all over the world. The focus was especially on the German market.

Key words: energy storage, market potential, regulations

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | ENERGIAVARASTO..... | 7 |
| 2.1 | Akku energiavarastona | 8 |
| 2.2 | Aurinkosähkö ja energiavarastot | 8 |
| 2.3 | Energiavaraston hyötyjä ja ongelmia..... | 11 |
| 2.4 | Nykyisiä akkupohjaisia energiavarastoratkaisuja | 12 |
| 3 | MARKKINAT..... | 16 |
| 3.1 | Markkinat maailmalla | 16 |
| 3.2 | Markkinat Saksassa..... | 18 |
| 3.3 | Markkinat Suomessa ja muissa Pohjoismaissa..... | 20 |
| 4 | MÄÄRÄYKSET | 21 |
| 4.1 | Sähköturvallisuuslaki..... | 22 |
| 4.2 | Pienjänniteasennuksia koskeva standardi | 25 |
| 4.2.1 | Sähkölaitteen suojaus | 25 |
| 4.2.2 | Sähkölaitteen vaatimukset..... | 26 |
| 4.2.3 | Pienjännitteisiä generaattorilaitteistoja koskevat vaatimukset..... | 27 |
| 4.2.4 | Paloturvallisuus | 28 |
| 4.3 | Standardit akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimuksista..... | 29 |
| 4.4 | Valtioneuvoston asetukset | 32 |
| 4.4.1 | Sähkölaitteita koskevat asetukset..... | 32 |
| 4.4.2 | Asetus paristoista ja akuista | 33 |
| 4.5 | Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit..... | 34 |
| 4.5.1 | Direktiivi paristoista ja akuista..... | 34 |
| 4.5.2 | Direktiivi sähkölaitteiden saattamisesta markkinoille | 35 |
| 4.6 | CE-merkintä..... | 35 |
| 4.6.1 | Sähkölaitteen turvallisuutta koskeva Euroopan parlamentin direktiivi | 36 |
| 4.6.2 | Direktiivi ja energiavarasto | 37 |
| 4.7 | FI-merkki | 38 |
| 5 | POHDINTA..... | 39 |
| | LÄHTEET..... | 41 |
| | LIITTEET | 46 |
| | Liite 1. IP-koodien osat ja niiden merkitykset (SFS-EN 60529 + A1) | 46 |
| | Liite 2. Esimerkki EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta (Tukes: EU- vaatimustenmukaisuusvakuutus. 2016) | 47 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|--|---|
| % vol | tilavuusprosentti |
| EMEA | Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka |
| LiCoO ₂ | litium-koboltti-oksidiakku |
| LiFePo ₄ , LFP | litium-rauta-fosfaattiakku |
| Li-ion | litium-ioniakku |
| LiMn ₂ O ₄ , LMO | litium-mangaani-oksidiakku |
| NCA | litium-nikkeli-koboltti-oksidiakku |
| NiCd | nikkeli-kadmiumakku |
| NiMH | nikkelimetallihydridiakku |
| NMC | litium-nikkeli-mangaani-koboltti-oksidiakku |
| Pb | lyijyakku |

1 JOHDANTO

Aurinkosähkön käyttö on kasvanut maailmalla viime vuosina, minkä vuoksi myös energiavarastojen tarve ja kysyntä ovat kasvaneet parina viime vuotena runsaasti. Uusia ratkaisuja on tullut markkinoille erityisesti vuosina 2015–2017 Euroopasta ja Yhdysvalloista. Kysyntä tulee varmasti myös kasvamaan lisää lähitulevaisuudessa, sillä monet valtiot tukevat aurinkosähköinvestointeja tavoitteenaan tulla riippumattomiksi fossiilista polttoaineista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä aurinkoenergialla ladattavaan akkupohjaiseen energiavarastoon, joka soveltuu kotitalouskäyttöön. Työssä tutustutaan mitä energiavarastolla tarkoitetaan ja mikä on sen merkitys nyt ja tulevaisuudessa. Erityisesti on tarkoitus keskittyä energiavaraston markkinoihin ja energiavarastoa koskeviin määräyksiin, jotka vaikuttavat energiavaraston tekniseen rakenteeseen tai ominaisuuksiin. Lisäksi tutustutaan CE- ja FI-merkintöihin, mitä niiltä vaaditaan ja kuinka sellaiset on mahdollista saada.

Määräyksillä taataan, että sähkölaitteet ja asennukset ovat turvallisia. Ilman johdonmukaisia toimintatapoja, olisi vaikeaa taata laitteen tai asennuksen oikea toiminta. Määräyksiä ovat lait ja standardit, jotka eroavat toisistaan siten, että lakia on noudatettava, mutta standardista saa perustellusti poiketa. Tässä työssä keskitytään standardin mukaisiin toimintatapoihin sähköalalla, jolloin voidaan luotettavasti todeta sähkölaitteen ja sen asennuksen olevan turvallinen loppukäyttäjälle.

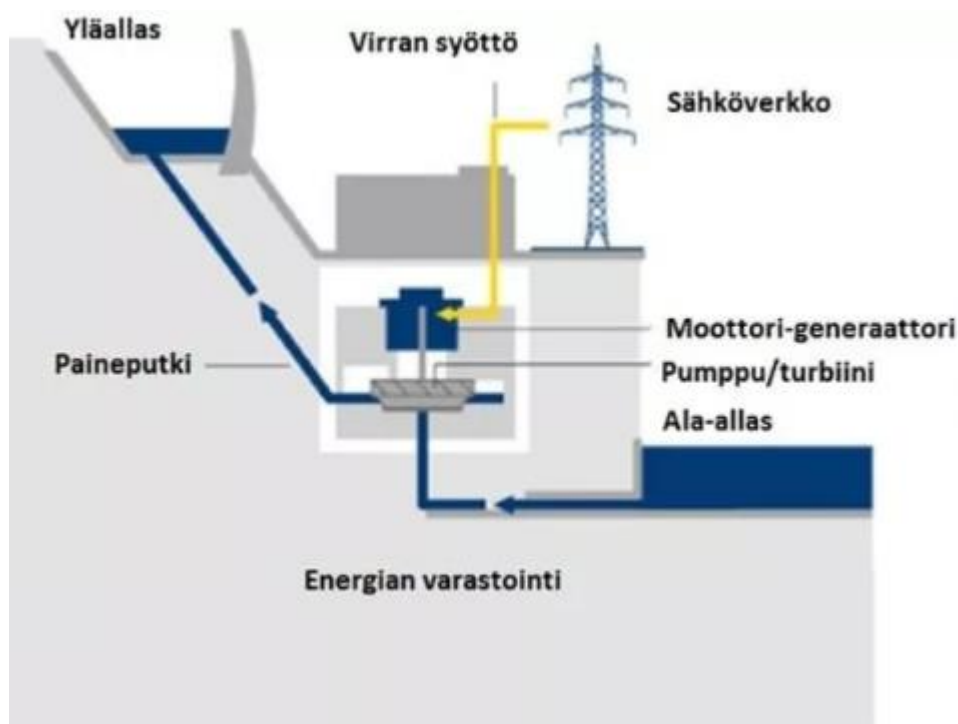
Määräyksiin liittyy myös CE-merkintä. CE-merkinnän lisäksi tutustutaan FI-merkintään. Sekä CE- että FI-merkintöjen tarkoitus on taata loppukäyttäjälle turvallinen tuote. Nämä merkinnät eroavat toisistaan siten, että CE-merkintä on pakollinen. Erona on myös se, että CE-merkintä on valmistajan itsensä määrittämä merkintä laitteelleen ja FI-merkintä on taas kolmannen osapuolen puolueeton tarkastus, että laite on turvallinen.

Tämä opinnäytetyö on tehty e-buildings Finland Oy:n pyynnöstä. Työssä on pyritty käyttämään mahdollisimman uusia ja luotettavia lähteitä.

2 ENERGIAVARASTO

Sähköisellä energiavarastolla tarkoitetaan energian lähdettä, johon saadaan varastoitua energiaa esimerkiksi laitteeseen, kaasuun tai nesteeseen. Varastoitu energia saadaan myöhemmin muutettua sähköenergiaksi. Ensimmäisenä sähköenergian varastointilaitteista tulee monesti mieleen erilaiset akut. Akkujen lisäksi energiaa voidaan varastoida esimerkiksi pumppuvoimalaitoksilla, vauhtipyörillä, lämpövarastolla sekä paineilmalla. Suurin osa ratkaisuista perustuu joko mekaniikkaan tai lämpökemiaan.

Vesivoiman hyödyntäminen pumppuvoimalaitoksissa on yksi maailman tavallisimmista tavoista varastoida sähköenergiaa. Suomessa ei tällaisia ratkaisuja kuitenkaan ainakaan toistaiseksi ole, vaikka niitä on ollut suunnitteilla ainakin Kilpisjärvelle (Yle uutiset 2015). Pumppuvoimalaitoksissa (kuva 1) energian varastointi perustuu eri putouskorkeuksiin, jotka toteutetaan ylä- ja alavesialtailla. (VTT: VTT tiedotteita 2199. 2009) Vesi pumpataan ylävesialtaaseen, josta se johdetaan generaattorin akselia pyörittävän turbiinin läpi takaisin alavesialtaaseen. (STEK: Sähköenergian varastointi) Potentiaalieron aiheuttamasta veden virtaaman liike-energiasta saadaan aikaan sähköenergiaa.



KUVA 1. Pumppuvoimalaitos (Yle uutiset: 2015)

2.1 Akku energiavarastona

Akut eroavat muista ratkaisuista siten, että ne ovat polttokennojen lisäksi ainoita varastotyyppisiä, jotka varastoivat sähkökemiallista energiaa. Akkujen historia ulottuu 1800-luvulle saakka. Ensimmäisen varsinaisen pariston kehitti italialainen Alessandro Volta vuonna 1800. Volta innostui metallisista sähköpareista Luigi Galvanin innoittamana, ja kehitti Voltan patsaan. Voltan patsas on paristo, jossa on vuorotellen päällekkäin sinkki- ja kuparilevyjä. Levyjen välissä on kostutettuja pahvinpalasia. Tätä paristoa ei kuitenkaan tarvinnut ladata, vaan se antoi jatkuvasti sähköä. (Lindell 2009, 98–100)

Akut ovat sittemmin kehittyneet valtavasti, eivätkä juuri muistuta ensimmäisiä akkukeiluja. Ainakaan toistaiseksi ei ole onnistuttu kehittämään kovin suuria akkupohjaisia energiavarastoja, joiden avulla voisi esimerkiksi tasoittaa eri vuodenaikoina tapahtuvaa sähkönkulutusta. Akut sopivatkin siis käyttökohteisiin, joissa energian varastointitarve on pientä tai keskikokoista. Aurinkoenergiaa ajatellen, akut ovat silti sopivin ratkaisu. (Erat, Hänninen, Nyman, Rasinkoski, & Wiljander 2016, 154–155) Etenkään kotitalouskäytössä ei ole tarvetta varastoida valtavia määriä energiaa.

2.2 Aurinkosähkö ja energiavarastot

Yleisin tapa varastoida aurinkoenergiaa, on taltioda sitä aurinkokeräimellä lämminvesivaraajaan. Näin kotitaloudessa käytettävä vesi saadaan lämmitettyä auringon lämmön avulla. Kun sää on aurinkoinen, voidaan yhdellä aurinkokeräimen neliömetrillä saada tuotettua lämpöenergiaa kahdesta neljään kilowattituntia. Tämä tarkoittaa, että 50 litraa vettä lämpenee silloin 30–60 astetta. Sata litraa vettä lämpenee puolta vähemmän eli 15–30 astetta. Aurinkolämmöllä voi parhaimmissa tapauksissa pystyä kattamaan jopa yli 90 prosenttia lämpimän veden kulutuksesta. (Erat ym. 2016, 106–107)

Myös akkuun voidaan varastoida aurinkoenergiaa. Aurinkosähköstä puhuttaessa akkupohjaisella energiavarastolla ei aina tarkoiteta pelkkää akkua. Sen sijaan energiavarastolla voidaan pelkän akun lisäksi tarkoittaa kokonaisuutta, joka koostuu akusta tai akuista sekä ohjelmistosta ja mittausteknologiasta (Sonnen). Oleellisena osana energiavarastoa on myös sovellus, jolla voidaan esimerkiksi tarkkailla akun varaustasoa, omaa sähkönkulutusta tai aurinkosähkön tuotantoa (Naps Solar).

Tavallisimpia käytettyjä akkutyyppejä energiavarastoissa ovat litiumioniakut sekä lyijy-akut (Juntunen 2016, 24–27), joista litiumioniakut ovat yleisempiä (PR Newswire: 2017). Näistä litiumioniakut soveltuvat paremmin pitkän aikavälin sähkövarastoksi paremman varauksen säilytyskykynsä vuoksi (Juntunen 2016, 27). Litiumioniakuilla on myös hyvä hyötysuhde, jopa 98 %, sekä pitkä elinikä, 5–15 vuotta (Markets and Markets). Litiumioniakkujen etuja lyijyakkuihin nähden ovat erityisesti hyvä teho- ja energiatiheys sekä ne ovat lyijyakkuja huomattavasti kevyempiä. Muita mainitsemisen arvoisia asioita on, että litiumioniakut toimivat hyvin vain osittain ladattuina ja niillä on suuri nimellisteho. (Erat ym. 2016, 158–160) Litiumioniakkuja käytetään myös tunnetuimmissa kotitalouskäyttöön suunnitelluissa energiavarastoissa. Näitä ovat yhdysvaltalaisen Teslan Powerwall sekä saksalaisen Sonnen SonnenBatterie.

Litiumioniakkuja valmistetaan monilla eri akkuteknologioilla, joten ne voivat erota ominaisuuksiltaan toisistaan suuresti (Erat ym. 2016, 158). Esimerkiksi LFP-akkujen jännite on vakaampi kuin kobolttipohjaisissa akuissa (LCO, NMC ja NCA). Ne eivät myöskään lämpene yhtä paljon, ja ne ovat ympäristöystävällisempiä ja turvallisempia käyttää. (Juntunen 2016, 26) Kuvassa 2 on esitetty eri litiumioniakkujen ominaisuuksia.

| | LiCoO ₂ | NCA | NMC | LiMn ₂ O ₄ | LiFePO ₄ LFP |
|-------------------|--------------------|-----|-----|----------------------------------|-------------------------|
| Energia | + | + | + | - | 0 |
| Teho | + | + | + | + | + |
| Toiminta kylmässä | + | + | + | + | 0 |
| Elinikä | 0 | + | + | - | - |
| Syklikesto | 0 | + | + | + | + |
| Turvallisuus | - | - | - | 0 | + |
| Hinta | - | - | - | 0 | 0 |
| Kypsyys | + | + | 0 | + | 0 |

KUVA 2. Eri litiumioniakkujen ominaisuuksia (Erat ym. 2016, 159)

Kuvassa plusmerkki tarkoittaa, että kyseinen ominaisuus, esimerkiksi teho, kuuluu akkutyypin hyviin ominaisuuksiin. Miinusmerkki taas tarkoittaa, että kyseinen ominaisuus ei

kuulu akkutyypin ominaisuuksiin. Esimerkiksi NCA-akut ovat hyviä teho-ominaisuuksiltaan, mutta ne ovat kalliita. LiMn_2O_4 -akuilla taas on lyhyt elinikä, mutta hyvä syklikesto. Nollalla kuvassa tarkoitetaan, että kyseinen ominaisuus ei kuulu akkutyypin erityisen hyviin tai huonoihin ominaisuuksiin. Esimerkiksi hinnan kohdalla nollalla tarkoitetaan, että akkutyypin ei ole yhtä kallis kuin muut litiumioniakut, mutta silti kallis muihin akkutyyppeihin, kuten esimerkiksi lyijyakkuihin, verrattuna.

Lyijyakut ovat litiumioniakkujen jälkeen yleisin akkutyypin akkupohjaisissa energiavaroissa. Tähän vaikuttaa varsinkin litiumioniakkuja edullisempi hinta. Myös lyijyakkuja valmistetaan monilla erilaisilla akkuteknologioilla, ja lyijyakkuja löytyykin markkinoilta kattava valikoima. Lyijyakuilla on litiumioniakkuja huonompi hyötysuhde; noin 85 prosenttia. Lyijyakkujen elinikä on litiumioniakkuja paremmin ennustettavissa. Se vaihtelee akkutyypin mukaan 8–20 vuoteen. Lyijyakkujen elinikää lyhentää esimerkiksi korroosio, jota voidaan vähentää käyttämällä akkua riittävän viileässä (Erat ym. 2016, 156–158). Muita huonoja puolia litiumioniakkuihin verrattuna lyijyakuissa on niiden myrkyllisyys sekä se, että niitä on käytettävä ulkotiloissa (Juntunen 2016, 27).

Lyijyakkujen ongelmia ovat tulipalonvaara, räjähdysvaara sekä syöpymisvaara. Tulipalon vaara johtuu siitä, että oikosulkuutilanteessa lyijyakku voi synnyttää valokaaren. Lyijyakut tarvitsevat myös hyvin tuuletun tilan, sillä ylilataustilanteessa ne voivat synnyttää kaasuja, joista aiheutuu räjähdysvaara. Lyijyakut voivat aiheuttaa myös syöpymisvaaroja, mikäli akku rikkoutuu mekaanisesti, sillä osassa lyijyakuista käytetään rikkohappoliuosta. (Erat ym. 2016, 185)

Nikkeli-kadmiumakkuja käytetään lyijy- ja litiumioniakkujen lisäksi aurinkosähköjärjestelmissä. Niiden etuja ovat etenkin hyvä toimintakyky sekä kuumissa että kylmissä ilmasto-olosuhteissa. Nikkeli-kadmiumakut ovat kuitenkin kalliita ja kadmiumilla on negatiivisia ympäristövaikutuksia sen myrkyllisyyden vuoksi. (Erat ym. 2016, 160)

2.3 Energiavaraston hyötyjä ja ongelmia

Energiavarasto on hyvä ratkaisu, kun halutaan varastoida auringosta aurinkopaneeleilla tuotettua energiaa. Energiavaraston avulla aurinkoenergiaa voidaan käyttää sellaisinakin aikoina, jolloin aurinko ei paista. Tavallisesti aurinkosähköä on käytettävissä vain keskellä päivää, kun taas tyypillisesti kulutushuiput asettuvat illalle. Aurinkosähkön käyttö saadaan siis ajoitettua sellaisella ajanjaksolle, jolloin sille on tarvetta. Tällöin ei olla enää yhtä riippuvaisia yleisestä sähköverkosta, ja lisäksi fossiilisten polttoaineiden tarve väheenee. (Erat ym. 2016, 152, 154, 169-170, 176) Käyttökohteen kulutuksen osuus tuotetusta aurinkosähköstä voi nousta 35 prosentista yli 70 prosenttiin energiavaraston avulla (GTAI 2017/2018).

Energiavaraston avulla voidaan myös valita, milloin aurinkosähköllä tuotettua sähköä myydään verkkoon. Ensisijaisesti tuotettu sähkö kannattaa käyttää itse, mutta jos sitä kertyy ylimääräisenä energiavarastoon, kannattaa tämä myydä verkkoon. Sen avulla voidaan myös lyhentää varastointoinvestoinnin takaisinmaksuaikaa. Ylimääräinen sähkö ei automaattisesti siirry verkkoon kuten ilman energiavarastoa, joten tällöin voidaan valita tuotantokohteen kannalta optimaalisin aika myydä sähköä verkkoon. Tämä tavallisesti tarkoittaa aikaa, jolloin sähkön hinta on parhaimmillaan. Sähkön myynnistä voi parhaimmassa tapauksessa saada saman hinnan, kuin mikä on ostettavan sähkön energiahinta. (Sähköala: 2017) Tämä on kuitenkin vain noin kolmasosa ostetun verkkosähkön hinnasta, sillä se koostuu energiahinnan lisäksi veroista ja sähkön siirrosta (Erat ym. 2016, 162–163).

Energiavarastoon voidaan myös ladata itse tuotetun sähkön lisäksi verkkosähköä. Tämä taas vastaavasti kannattaa tehdä silloin, kun verkkosähkön hinta on alhaisimmillaan, mikäli aurinkosähköjärjestelmä ei tällöin tuota yli oman kulutuksen. (VTT: 2016) Energiavarastoja voidaan käyttää myös varasyöttöinä sähkökatkotilanteissa (Renewable Energy World: 2017).

Nykyisten energiavarastoratkaisujen suurin ongelmakohta on korkea hinta (Erat ym. 2016, 136). Suomessa valtio ei myöskään tue energiavarastoinvestointeja, joka helpottaisi kotitalouksien korkeita investointikustannuksia. Muita ongelmakohtia ovat rajallinen elinikä; väärät olosuhteet voivat lyhentää akkujen elinikää, lataaminen voi kestää useita tunteja ja kaikki olemassa olevat ratkaisut ovat painavia (Apta).

Ongelmana on myös, että investointi ei välttämättä maksa itseään koskaan takaisin. Akkupohjaisesta energiavarastoinvestoinnista ennustetaan kuitenkin tulevan taloudellisesti kannattavaa seuraavan kahden vuoden sisällä. Ennuste perustuu hintojen laskuun sekä teknologian kehittymiseen. (Yle uutiset: 2018)

2.4 Nykyisiä akkupohjaisia energiavarastoratkaisuja

Suurin osa nykyisistä akkupohjaisista energiavarastoratkaisuista on tullut markkinoille vuosina 2015 ja 2016. Myös vuonna 2017 markkinoille on tullut joitakin ratkaisuja. Tunnetuimmat tuotteet tulevat lähinnä Yhdysvalloista, mutta myös Euroopasta, erityisesti Saksasta. Ehdottomasti tunnetuimmat tuotteet Euroopassa ovat Teslan Powerwall sekä Sonnen SonnenBatterie (kuva 3), joita myydään myös Suomessa. Näiden lisäksi Suomessa myydään ainakin saksalaisen Tesvoltin Tesvolttia. Vielä toistaiseksi markkinoilla ei ole suomalaisia ratkaisuja.

Nykyiset akkupohjaiset energiavarastoratkaisut ovat pitkälti samankaltaisia, ja valmistajien tavoitteena on rakentaa energiavarastojensa avulla mikroverkkoja. Akkuja voi liittää yhteen tarvitsemansa määrän, ja aurinkosähkön tuottoa ja omaa sähkönkulutustaan pysyy seuraamaan reaaliajassa esimerkiksi omasta matkapuhelimesta.

Yhdysvaltalaisen Orisonin (kuva 3) tarjoama ratkaisu eroaa muista ratkaisuista siten, että se kytketään pistotulpalla suoraan pistorasiaan. Laitteelle ei siis tarvita varsinaista asennusta. Orisonin energiavarastolla sähköä varastoidaan samasta lähteestä, kuin sitä varastointihetkellä myös käytetään. (Juntunen 2016, 28)



KUVA 3. Orison-energiavarasto (Luxury Arabia: 2016)

Teslan internetsivujen mukaan kahden makuuhuoneen kotitalous käyttää vuorokaudessa 10 kWh ja kolmen makuuhuoneen huoneisto 15 kWh. Koko kodin vuorokausittaisen sähkönkulutuksen kattamiseksi Tesla suosittelee kahden makuuhuoneen huoneistolle yhtä Powerwall-akkuaan, joka on kapasiteetiltaan 14 kWh. Kolmen makuuhuoneen huoneiston vuorokausittaisen kulutuksen kattamiseksi suositellaan kahta akkua, eli yhteensä 28 kWh. (Tesla: Powerwall)

Helsinkiläinen sähköverkkoyhtiö Helen myy SonnenBatterie-energiavarastoja (kuva 4). Heleniltä luvataan, että heidän kapasiteetiltaan 16 kWh:n energiavarasto riittää omakotitalon koko illan ja yön sähkönkulutustarpeisiin. (Yle uutiset: 2018) Helenin internetsivujen mukaan pienempi kuuden kWh:n energiavarasto riittää kahden tunnin sähkönkulutustarpeisiin ja isompi 16 kWh:n energiavarasto taas riittää 4,5 tunnin sähkönkulutustarpeisiin. (Helen) Kuitenkin, jos asunnossa saunotaan energiavarastoon varastoidulla sähköllä, kestää tämä yli reilu tunnin saunomisen ja lisäksi esimerkiksi television katselua. Kuuden kWh:n energiavarastolla taas ainoastaan saunoo tunnin. (Yle uutiset: 2018) Helen myös lupaa, että heidän energiavarastollaan voi aurinkosähköjärjestelmän käyttöasteen saada kasvatettua jopa 90 prosenttiin (Helen).



KUVA 4. SonnenBatterie-energiavarasto (Sonnen)

Markkinoilta löytyy myös akkupohjaisia energiavarastoratkaisuja, joissa hyödynnetään vanhoja sähköautojen akkuja. Tällaisia ratkaisuja suunnittelee ainakin Iso-Britannialainen Connected Energy. Se käyttää ratkaisuissaan vanhojen Renault-merkkisten sähköautojen akkuja. Ratkaisuissa käytetään akkuja, joiden kapasiteetti on laskenut 75 prosenttiin. Aurinkosähkön varastoimisen lisäksi Connected Energyn tuotteita on tarkoitus käyttää sähköautojen pikalatauspisteisiin sekä tuulienergian varastoimiseen. (Tekniikan maailma: 2017)

Taulukkoon 1 on koottu tunnetuimpia energiavarastoja varastointikykyineen, kaupallistamisvuosineen ja akkutyypeineen. Taulukkoon koottujen tuotteiden lisäksi markkinoilta löytyy useita muitakin ratkaisuja eri puolilta maailmaa.

TAULUKKO 1. Energiavarastoratkaisuja

| Valmistaja | Tuotenimi | Varastointi- kyky (kWh) | Kauppal- listamis- vuosi | Maa | Akku- tyyppi |
|-----------------------|--|----------------------------|--------------------------------|--------------------|---|
| AllGrid | Energy WattGrid | 7–12 | 2016 | Australia | Pb |
| Box of Energy | Box of Energy | 5,5–7 | 2016 | Ruotsi | Li-ion (NMC) |
| LG | Chem RESU | 3,3–9,8 | 2016 | Etelä-Korea | Li-ion |
| Mercedes- Benz | Energy Storage Home | 2,5–20 | | Saksa | Li-ion (NMC) |
| Nissan, Eaton | xStorage Home | 4,2–7,5 | 2016 | | Li-ion (LMO, NMC) |
| Orison | Orison energy storage | 2,2 | 2015 | Yhdysvallat | Li-ion (Li- FePO ₄) |
| Panasonic | Residential Stor- age Battery Sys- tem | 8 | 2016 | Australia | Li-ion |
| Power- vault | Powervault | 2–6 | 2017 | Iso-Britan- nia | Li-ion (Li- FePO ₄), Pb |
| Schneider Electric | Eco Blade | 5 | 2016 | | Li-ion |
| SimpliPhi Power | Useita tuotteita | 1,2– | 2002 | Yhdysvallat | Li-ion (LFP) |
| Sonnen | SonnenBatterie | 4–16 | 2014 | Saksa | Li-ion (Li- FePO ₄) |
| Solarwatt | MyReserve | 2,2–8,8 | 2017 | Saksa | Li-ion (NMC) |
| Sunverge | Sunverge One | 11,8 | 2017 | Yhdysvallat | Li-ion |
| Tesla | Powerwall | 14 | 2015 | Yhdysvallat | Li-ion (NMC) |
| Tesvolt | Tesvolt | 4,8 | | Saksa | Li-ion (NMC) |
| Zen Energy | Zen Freedom Powerbank | 12,8; 16; 19,2 | 2016 | Australia | Li-ion (LFP) |

3 MARKKINAT

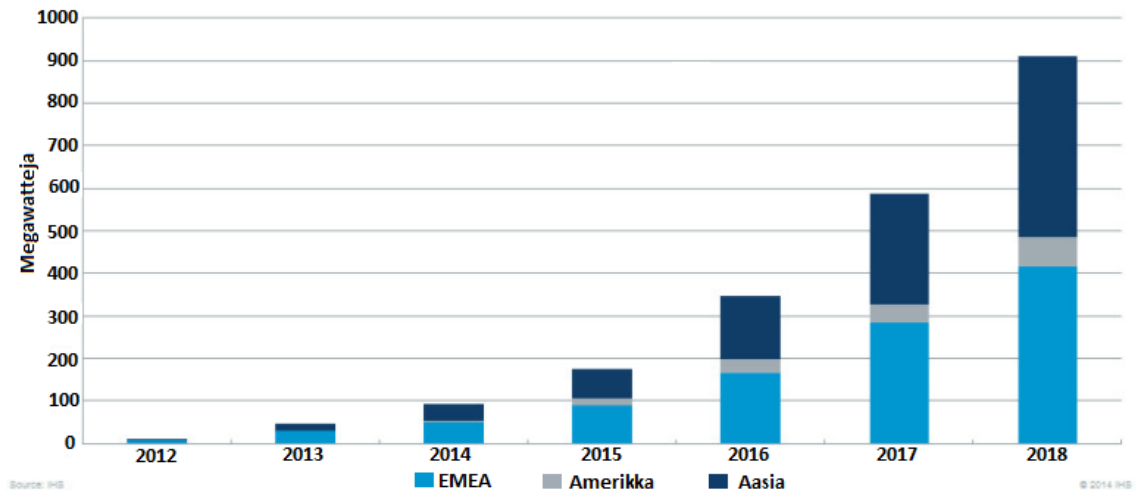
Energiavarastomarkkinat ovat tällä hetkellä painottuneet vain muutamiin maihin. Tässä työssä akkupohjaisen energiavaraston markkinoita selvitettiin keskittyen erityisesti näihin maihin eli Yhdysvaltoihin, Australiaan ja Saksaan. Myös Suomen ja muiden Pohjoismaiden markkinoihin tutustuttiin pintapuolisesti.

Globaalit markkinat tuovat energiavarastot kuitenkin kaikkien saataville. Suomessa myydäänkin esimerkiksi saksalaisia ja yhdysvaltalaisia energiavarastoratkaisuja, ja yhdysvaltalaisen Teslan internet-sivut onkin käännetty myös suomen kielelle. Suomessa asennettujen energiavarastojen asennusmäärä on kuitenkin vielä verrattain pieni.

3.1 Markkinat maailmalla

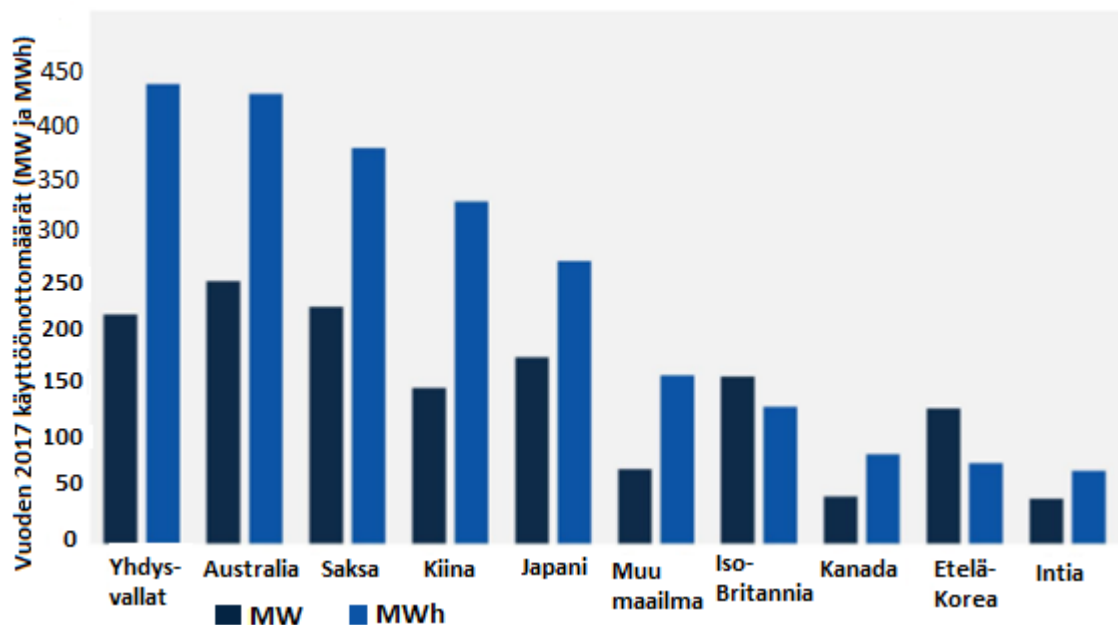
Energiavarastomarkkinat ovat kasvaneet maailmanlaajuisesti erityisesti vuosina 2016 ja 2017, ja jatkavat edelleen kasvuaan. Vuonna 2016 Australia, Saksa, Japani ja Yhdysvallat hallitsivat energiavarastomarkkinoista jopa 80 prosenttia (Navigation Research: 2016), ja vuoteen 2030 mennessä Yhdysvaltoihin, Kiinaan, Japaniin, Intiaan, Etelä-Koreaan, Australiaan, Saksaan ja Iso-Britanniaan on asennettu 70 prosenttia koko maailman energiavarastokapasiteetista (Greentech Media: 1/2017). Vuoden 2017 markkinat kasvoivat jopa 46 prosenttia vuoteen 2016 nähden, ja niiden ennustetaan kasvavan vielä yhdeksänkertaiseksi vuodesta 2017 vuoteen 2022 mennessä. Syitä tähän on etenkin energiavarastojen hintojen lasku. (EDF)

Kuvassa 5 on vuotuiset asennusmäärät aurinkosähköjärjestelmille EMEA:ssa, Pohjois- ja Etelä-Amerikassa sekä Aasiassa. Asennusmäärät on ilmoitettu megawateissa. Ensimmäinen pylväs kuvaa vuotta 2012 ja viimeinen vuotta 2018. Kuvasta näkyy energiavarastojen asennusmäärien valtava lisääntyminen vuoden 2015 jälkeen, ja asennusmäärät jatkavat koko ajan kasvuaan. Suurinta kasvu on Aasiassa, jossa energiavarastojen asennusmäärä kuvan mukaan nousee noin 600 megawatista hieman yli 900 megawattiin vuodesta 2017 vuoteen 2018. Aasiassa Kiinan ja Japanin ennustetaankin ohittavan Saksan ja Australian energiavarastomarkkinat seuraavan viiden vuoden aikana. (Greentech Media: 2018)



KUVA 5. Energiavarastojen asennusmäärän kehitys vuosina 2012–2018 (IHS Markit: 2014)

Kuvassa 6 näkyy energiavarastojen käyttöönottomäärät maakohtaisesti vuonna 2017. Määrät on ilmoitettu megawateissa ja megawattitunneissa. Kuten on jo edellä todettu, kuvasta voidaan nähdä, että Yhdysvallat, Australia ja Saksa johtavat energiavarastomarkkinoita. Kuvasta nähdään myös, että Kiina ja Japani ovat jo vuonna 2017 olleet aivan Australia ja Saksan kannoilla.



KUVA 6. Energiavarastojen käyttöönottomäärät maakohtaisesti vuonna 2017. (Green-tech Media: 2018)

Maailmanlaajuisesti odotetaan EES Europen mukaan energiavarastointijärjestelmien vuotuisen asennusmäärän saavuttavan 9 gigawattia vuoteen 2025 mennessä (EES Europe: 2017). Yhdysvaltalaisen ESA:n mukaan päästään hurjasti korkeampiin lukuihin; yli 40 gigawattia vuoteen 2022 mennessä (ESA: Facts & Figures). Greentech Median mukaan taas päästään vuoteen 2022 mennessä 28 gigawattiin (Greentech Media: 2/2017). Tiedot ovat hyvin ristiriitaisia keskenään, joka on erikoista, sillä kaikissa tutkimuksissa on mainittu lähteenä IHS Markit. IHS Markitin tutkimustulokset ovat maksullisia, joten niihin ei ollut mahdollista tutustua tätä työtä tehdessä.

Yhdysvallat johtavat energiavarastojen kehitystä. (Greentech Media: 2018) Vuoden 2017 viimeisenä neljänneksenä energiavarastot olivat nopeimmin kasvava alue aurinkoenergiamarkkinoilla Yhdysvalloissa (Cleantechnica: 2018), ja vuoden 2018 aikana ne tulevat lähes kolminkertaistumaan. Syitä tähän on investointien kustannusten lasku sekä valtion tukitoimet kotien energiavarastoille. (Reuters: 2018)

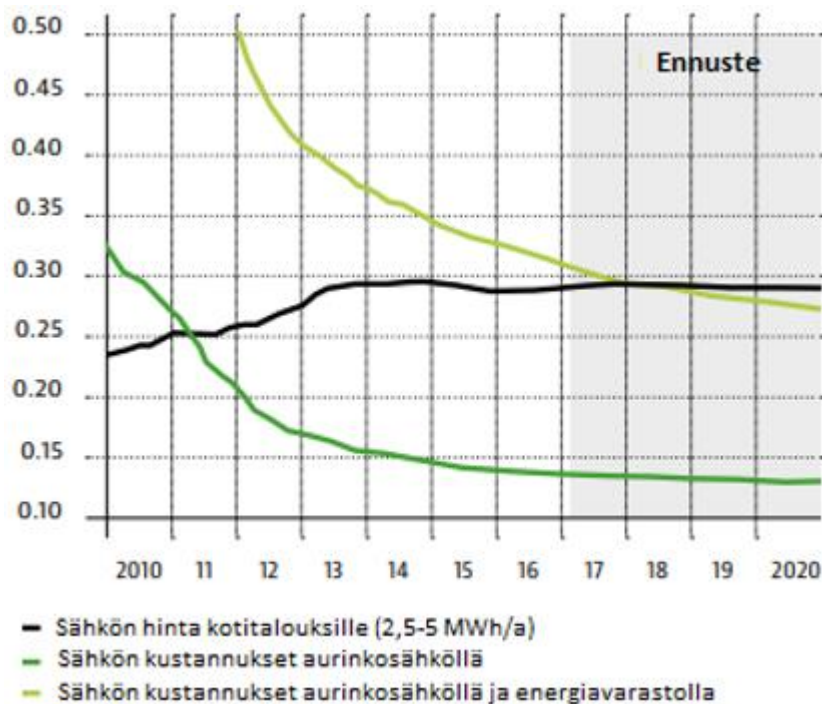
Australiassa on maailman eniten aurinkopaneeleja asukasta kohden (Juntunen 2016, 27). Greentech Median mukaan Australian kotien energiavarastot tulevat olemaan vuosittain 132 megawatin markkinat vuoteen 2020 mennessä (Greentech Media: 2015), ja Australia onkin kolminkertaistanut vuonna 2017 vuotuisen kotien energiavarastojen asennusmäärän vuoteen 2016 nähden (Greentech Media: 2018). Markkinoiden nopeasta kehityksestä kertoo esimerkiksi se, että Etelä-Australian hallituksella on suunnitteilla asentaa 50 000 kotitalouteen aurinkosähköjärjestelmät, jotka on tarkoitus liittää yhteen Teslan energiavarastoilla. Syitä tähän on Australian erittäin korkeat sähkön hinnat sekä vuonna 2017 onnistunut suuri yhteisprojekti Teslan kanssa. Siinä Tesla rakensi maailman suurimman verkkosähkövaraston 60 päivässä, joka oli 40 päivää luvattua aiemmin. (Cleantechnica: 2018).

3.2 Markkinat Saksassa

Saksa on maailman johtavia maita uusiutuvien energialähteiden käytössä. On siis luonnollista, että siellä myös energiavarastojen markkinat ovat parhaimmillaan, ja Saksan markkinat ovatkin edellä muihin Euroopan maihin nähden. Yksi syistä on, että Saksa pyrkii vähentämään kasvihuonekaasuja 80 prosentilla, eli 1990-luvun tasolle, vuoteen 2050

mennessä. Lisäksi Saksa tulee lakkauttamaan kaikki ydinvoimalansa vuoteen 2023 mennessä, ja uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta tulee olla vuoteen 2050 mennessä 80 prosenttia. Tällä hetkellä uusiutuvat energialähteet tuottavat siitä 32 prosenttia. Kaikki nämä muutokset ovat Saksan hallituksen linjaamia ja osa Saksan energiamuutosprojektia. (GTAI 2017/2018)

Saksaan asennettujen aurinkopaneelien määrä on Euroopan suurin. Saksaan on asennettu yli 1,6 miljoonaa aurinkovoimalaa viimeisten 25 vuoden aikana, ja niistä suurin osa on kotitalouskäytössä. Saksassa on siis yli miljoona kotitaloutta, joilla on aurinkosähköjärjestelmät kodeissaan. Tämän ansiosta myös potentiaalisia ostajia energiavarastoille löytyy Saksasta huomattavasti. Energiavarastomarkkinoita Saksassa kohentaa myös se, että hallitus tekee energiavarastoinvestoinnin houkuttelevaksi matalakorkoisilla lainoilla ja investointituilla. Kuvassa 7 on energiavarastojen hintojen kehitys vuosilta 2010–2020. (GTAI 2017/2018)



KUVA 7. Sähkön hinnan, aurinkosähköinvestoinnin ja aurinkosähköinvestoinnin energiavarastolla hintojen kehitys (GTAI 2017/2018)

Energiavarastojen asennusmäärät kasvavat hurjaa vauhtia Saksassa. Vuoteen 2016 mennessä Saksaan oli asennettu yli 50 000 energiavarastojärjestelmää, mutta luvun odotettiin nousevan 90 000:en vuonna 2017. Liikevaihto kasvoi 400 prosenttia edelliseen vuoteen verrattuna. (GTAI 2017/2018)

Saksan hallitus tukee energiavarastojen tutkimusta ja kehitystä. Erityisesti selvitetään uusien energiavarastoteknologioiden potentiaalia. Myös sähköajoneuvojen nähdään toimivan varastoina tulevaisuudessa. Vuodelle 2017 ennustettiin, että energiavarastoja otetaan käyttöön aiempaa enemmän, mikä laskisi tuotteiden hintoja. GTAI:n, Saksan taloudellisen kehityksen toimiston, tutkimuksen mukaan energiavarastot voisivat saavuttaa vuotuisen 50 000 järjestelmän asennuksen määrän vuoteen 2020 mennessä. Aurinkoenergian syöttötariffien lasku, kuluttajien maksamat korkeat sähkön hinnat ja Saksassa toimivat uusiutuvien energialähteiden suuri kokonaiskapasiteetti tekevät maasta houkuttelevan energian varastointimarkkinoilla. (GTAI 2017/2018)

3.3 Markkinat Suomessa ja muissa Pohjoismaissa

Pohjoismaat ovat pitkälti esimerkiksi Saksaa jäljessä, mitä tulee aurinkosähkön tuotantoon ja energiavarastoihin. Kuitenkin Tanska on kunnostautunut tällä saralla ansiokkaasti, ja Ruotsin tilanne tulee paranemaan lähivuosina. Tanskassa on asennettu aurinkosähköjärjestelmiä ylivoimaisesti eniten pohjoismaista; kaiken kaikkiaan lähes 800 megawattia oli asennettu vuoteen 2016 mennessä, (World Energy Council: Denmark 2016) kun taas Ruotsiin asennettu määrä oli vuonna 2016 vain 85 megawattia (World Energy Council: Sweden 2016). Pienimmät asennusmäärät ovat Norjassa (World Energy Council: Norway 2016) ja Suomessa (PV Europe: 2018); ainoastaan 14 ja 20 megawattia.

Ruotsin energiavarastomarkkinat tulevat kuitenkin kasvamaan. Ruotsi on vuonna 2016 esitellyt ohjelman kotien energiavarastojen käyttöönoton helpottamiseksi. Ohjelmaa motivoi se, että Ruotsi on sitoutunut luopumaan fossiilisista polttoaineista sähköntuotannossa vuoteen 2040 mennessä. (Renewable Energy World: 2016)

Suomessa energiavarastot ovat kotitalouksissa vielä melko harvinaisia. Suomessa ei ainakaan toistaiseksi tueta aurinkosähköinvestointeja eikä akkujärjestelmät aurinkosähkökäyttöissä ole yleistyneet kuten esimerkiksi Saksassa. Tähän vaikuttaa erityisesti investointien korkea hinta, ja se, etteivät investoinnit välttämättä maksa itseään koskaan takaisin. Akkujen hinnat ovat kuitenkin laskeneet Suomessa viime vuosina; vuonna 2015 ne laskivat 35 prosentilla (Erat ym. 2016, 136) ja vuonna 2016 kymmenellä prosentilla. Suomi aikoo olla maailman ensimmäinen maa, joka kieltää kivihiilen käytön vuoteen 2030 mennessä. (Energy Storage Report: 2016)

4 MÄÄRÄYKSET

Kuten kaikkia sähkölaitteita, myös energiavarastoja koskevat tietyt määräykset ja standardit. Tässä luvussa keskitytään energiavarastoa koskevaan lainsäädäntöön, standardeihin, EU:n direktiiveihin sekä CE- ja FI-hyväksyntään.

Sähkölaitteita koskevat määräykset on säädetty sähköturvallisuuslaissa. Sähköalaa koskevia standardeja ovat pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja SFS 6000, suurjännitesähköasennuksia koskeva standardi SFS 6001 ja sähkötyöturvallisuutta koskeva standardi SFS 6002. Suomessa standardit laatii Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Suomen standardit ovat useimmiten lähtöisin eurooppalaisista tai kansainvälisistä standardeista. Standardit ovat vain ohjeita eivätkä lain velvoittamia, joten niitä ei ole pakko noudattaa. Mikäli standardeista poiketaan, tulee kuitenkin osoittaa, miten päästään käytetyllä ratkaisulla yhtä turvalliseen lopputulokseen kuin standardeja noudattaessa.

Tässä työssä keskitytään kolmeen eri standardiin. Näitä ovat standardisarja SFS 6000, sillä työssä määriteltä energiavarastoa koskevat pienjänniteasennusten standardit, sekä standardit SFS-EN 50272-1 ja SFS-EN 50272-2. Jälkimmäiset standardit käsittelevät akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimuksia.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiveistä tässä työssä keskitytään direktiiveihin 2014/35/EU, 2006/66/EY ja 2013/56/EU. Ensimmäinen direktiiveistä on pienjännitedirektiivi, johon myös Suomen sähköturvallisuuslaki perustuu. Tässä työssä direktiiviin kuitenkin tutustutaan vain CE-merkinnän osalta. Kaksi jälkimmäistä direktiiviä ovat paristoja ja akkuja koskevia direktiivejä, jotka pääasiassa keskittyvät paristojen ja akkujen ympäristönäkökohtiin.

Työssä käsiteltyjen määräyksien lisäksi akkupohjaisia energiavarastoja koskevat kansainväliset standardit IEC TC 21 Secondary cells and batteries, IEC TC 120 Electrical Energy Storage (EES) Systems sekä IEC 62548 Batteries in systems. Näihin standardeihin ei perehdytä tässä työssä, sillä niitä ei ollut standardien maksullisuuden vuoksi mahdollista käyttää työtä tehdessä.

4.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuden perustana on sähköturvallisuuslaki 1135/2016, joka takaa, että laitteiden käyttö on turvallista. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 pohjautuu Euroopan unionin pienjännitedirektiiviin 2014/35/EU. Tätä direktiiviä käydään tarkemmin läpi tässä työssä CE-merkinnän käsittelyn yhteydessä kappaleessa 4.6.

Tässä työssä keskitytään sähköturvallisuuslain lukuun 2, joka käsittelee sähkölaitteita, energiavaraston kannalta oleellisin osin. Luku 3 käsittelee sähkölaitteistoja, joilla tarkoitetaan esimerkiksi rakennusten sähköasennuksia. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Sähköturvallisuuslaissa määritellään, että sähkölaitteen on oltava sellainen, että se on oikein asennettuna, käytettynä tai huollettuna sähkömagneettisesti yhteensopiva. Se ei saa vaarantaa ihmisten tai kotieläinten terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta. Sähkölaitte on myös suojattava ulkoisten tekijöiden aiheuttamilta vaikutuksilta sekä sähkölaitteen aiheuttamien vaarojen varalta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Energiavaraston kohdalla nämä vaatimukset on otettava huomioon siten, että laite on turvallinen asennusympäristössään. Laitetta valmistettaessa tulee huomioda, onko laite tarkoitettu sisä- vai ulkokäyttöön. Mikäli laite on suunniteltu ulkokäyttöön, tulee huomioon ottaa eri tekijöitä, jotka voivat mekaanisesti rasittaa laitetta. Tällaisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi pakkanen tai vesisade. Laitteen on soveltuessaan ulkokäyttöön kestävä nämä rasitukset vaarantamatta ympäristöään. Laitteen on myös oltava sellainen, ettei maallikko pääse koskettamaan laitteen vaarallisia jännitteisiä osia. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Sähköturvallisuuslaki määrää, että sähkölaitteen valmistajan on varmistettava, että sähkölaitte on edellä mainittujen turvallisuusvaatimusten mukaisesti suunniteltu ja valmistettu. Myös sarjatuotetun laitteen on täytettävä nämä vaatimukset. Vasta tämän jälkeen laite voidaan saattaa markkinoille. Valmistajan velvollisuus on, että laitteeseen on kiinnitetty laissa määritetyt merkinnät. Laitteen mukana on myös tultava tarvittavat ohjeet ja turvallisuustiedot. Lain määrittelemiä merkintöjä ovat CE-merkintä sekä tyyppi-, erä- tai sarjanumerot. Laitetta ei saa saattaa markkinoille ilman CE-merkintää. Jotta CE-merkin-

tää voidaan käyttää, edellyttää se vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyä sähkölaitteelle, josta on myös laadittava tekniset asiakirjat. Näissä ohjeissa ja turvallisuustiedoissa on oltava riittävät tiedot, jotta laitetta voidaan käyttää turvallisesti ja käyttötarkoituksen mukaisesti. Näiden dokumenttien tulee myös olla suomen ja ruotsin kielellä, sekä selkeitä ja helppotajuisia, joita tavallinen kuluttaja voi ymmärtää. CE-merkintää käydään tarkemmin läpi tämän työn kappaleessa 4.6. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Valmistaja voi nimittää tuotteelleen kirjallisesti valtuutetun edustajan, mikäli ei aio myydä tuotettaan itse. Tällöin osa valmistajan vastuista siirtyy valtuutetulle edustajalle. Nämä vastuut on esitetty kuvassa 8. Kuvassa talouden toimijoilla tarkoitetaan valmistajaa, valtuutettua edustajaa, maahantuoja ja jakelijaa. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Valmistaja on ainoa talouden toimija, jonka velvollisuus on varmistaa, että sähkölaite on vaatimusten mukainen ja suorittaa sille vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely. Kuvassa 8 sarake ”tekee yhteistyötä viranomaisten kanssa” tarkoittaa valmistajan ja maahantuojan velvollisuutta esimerkiksi luovuttaa tarvittaessa sähkölaitteen vaatimustenmukaisuuden osoittavat asiakirjat sähköturvallisuusviranomaiselle sekä yhteistyössä sähköturvallisuusviranomaisen kanssa poistettava markkinoilta sähkölaite, joka on turvallisuusriski. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Valmistajan tai maahantuojan voidaan velvoittaa tekemään kolmannen osapuolen valvomia testejä markkinoille asetetuille sähkölaitteille, jotta voidaan luotettavasti taata kuluttajien turvallisuus. Valmistajan tai maahantuojan on myös otettava huomioon reklamaatiot sekä vaatimustenvastaiset sähkölaitteet, ja huolehdittava näiden palautumisesta. Myös jakelijoille tulee ilmoittaa tällaisesta toiminnasta. Valmistajan velvollisuudet voivat tietyissä tapauksissa koskea myös maahantuoja tai jakelijaa. Tällaisia tapauksia ovat tilanteet, joissa kyseinen talouden toimija saattaa laitteen omalla nimellään markkinoille tai muuttaa laitetta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

| Taloudentoimijoiden velvollisuuksia | Valmistaja | Valtuutettu edustaja | Maahantuoja | Jakelija |
|---|------------|----------------------|-------------|----------|
| Asettaa saataville markkinoilla vain vaatimustenmukaisia tuotteita | x | x | x | x |
| CE-merkintä - kiinnittää - tarkistaa | x | (x) x | x | x |
| EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus - laatii ja säilyttää 10 vuoden ajan - pitää saatavilla 10 vuoden ajan - säilyttää jäljennöksen 10 vuoden ajan - antaa pyynnöstä viranomaiselle | x x | (x) x x | x x | x |
| Tekniset asiakirjat - laatii ja säilyttää 10 vuoden ajan - varmistaa saatavuuden 10 vuoden ajan - antaa pyynnöstä viranomaiselle | x x | x x | x x | x |
| Suorittaa vaatimustenmukaisuuden arviointimenetelyt | x | | | |
| Varmistaa, etteivät varastointi- ja kuljetusolosuhteet vaaranna tuotteen vaatimustenmukaisuutta | x | (x) | x | x |
| Pitää kirjaa vaatimustenvastaisista laitteista ja tiedottaa tarvittaessa niistä jakelijoille | x | (x) | x | |
| Varmistaa, että tuotteessa on tyyppi-, erä- tai sarjanumero tai muu merkintä, jonka ansiosta se voidaan tunnistaa | x | (x) | x | x |
| Ilmoittaa nimensä, rekisteröidyn tuotenimensä tai rekisteröidyn tavaramerkkinsä sekä osoitteen, josta siihen saa yhteyden | x | | x | |
| Varmistaa, että tuotteessa on valmistajan ja/tai maahantuojan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki sekä osoite, johon valmistajaan ja/tai maahantuojaan saa yhteyden | | (x) | x | x |
| Jos epäilee, että tuote on vaatimustenvastainen, ryhtyy toimiin | x | (x) | x | x |
| Tekee yhteistyötä viranomaisen kanssa | x | x | x | x |
| Säilyttää 10 vuoden ajan viimeisen tuotteen markkinoille saattamisesta tunnistetiedot taloudentoimijoista, joille se on toimittanut tuotteita. | x | x | x | x |
| Säilyttää 10 vuoden ajan viimeisen tuotteen markkinoille saattamisesta tunnistetiedot taloudentoimijoista, jotka ovat toimittaneet sille tuotteita. | | | x | x |

KUVA 8. Taulukko talouden toimijoiden vastuista (Tukes: Lainsäätöuudistus 2016)

Sähköturvallisuuslaki sanelee, että sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta tulee soveltaa kiinteään asennukseen sijoitettavaan markkinoille saatettuun sähkölaitteeseen. Sähkölaitteen vaatimustenmukaisuuden säilymiseksi, tulee laitteen mukana tulla asiakirjat, joista ilmenee esimerkiksi sähkömagneettinen yhteensopivuus sekä milloin laite voidaan asentaa osaksi kiinteää asennusta. Asiakirjasta tulee ilmetä myös asennuksessa käytetyt hyvät tekniset käytännöt. Nämä asiakirjat on luovutettava asennetun sähkölaitteiston haltijalle. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Sähkölaitteen ollessa yhdenmukaistettujen standardien mukainen, yleisesti katsotaan sen täyttävän turvallisuusvaatimukset sekä sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Mikäli laitetta ei ole suunniteltu standardien mukaisesti, tulee muilla keinoin osoittaa laitteen täyttävän turvallisuusvaatimukset. (Säköturvallisuuslaki 1135/2016)

4.2 Pienjänniteasennuksia koskeva standardi

Pienjänniteasennuksia koskee standardisarja SFS 6000. Pienjänniteasennuksilla tarkoitetaan tässä standardissa asennuksia, joiden nimellinen vaihtojännite on enintään 1000 voltia tai nimellinen tasajännite enintään 1500 voltia. Tässä työssä käydään standardista läpi ne kohdat, jotka erityisesti koskevat energiavarastoja. Standardin SFS 6000 mukainen toimintatapa takaa, että asennuksissa noudatetaan säköturvallisuuslakia 1135/2016 sekä lain perusteella annettuja valtioneuvoston asetuksia. (SFS 6000-1)

4.2.1 Sähkölaitteen suojaus

Standardisarjan SFS 6000 ensimmäinen osa SFS 6000-1 käsittelee sähkölaitteen suojausta. Sähkölaitteen suojaus muodostuu monista eri seikoista, joilla pyritään estämään sähkölaitteen virheellisen toiminnan aiheuttamat seuraukset ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle. Suojaus koostuu perus-, vika-, ylivirta- sekä vikavirtasuojauksesta. Lisäksi on otettava huomioon laitteen lämpenemä, jännitehäiriöt sekä sähkömagneettiset häiriöt. (SFS 6000-1)

Perussuojauksella tarkoitetaan suojausta, jolla estetään kosketus laitteen jännitteisiin osiin. Tämä voidaan estää esimerkiksi laitteen suojakotelolla. Vikasuojaus suojaa kuluttajaa kosketusjännitteeltä silloin, kun laitteessa ilmenee vika. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi estämällä virran kulku ihmisten tai eläinten kautta tai rajoittamalla tämän virran kesto aika niin lyhyeksi, ettei siitä ole vaaraa. (SFS 6000-1)

Ylivirtasuojauksen tarkoituksena on rajoittaa ylivirta sellaiseen arvoon, että ympäristö, eli ihmiset, kotieläimet ja omaisuus, säästyvät vammoilta sekä lämmön ja sähkömekaanisten rasitusten aiheuttamilta vahingoilta. Sähkölaitteet johtimiseen on myös suojattava sähkömekaanisilta rasituksilta, jotka voivat aiheutua vikavirroista. (SFS 6000-1)

Sähkölaite on suojattava myös jännitehäiriöiltä sekä mahdollisesta syötön keskeytymisestä koituvilta vaaroilta ja vaurioilta. Sähkölaitteeseen vaikuttavat sähkömagneettiset häiriöt ja sähkölaitteen aiheuttamat sähkömagneettiset häiriöt on otettava huomioon, ja laitteella on oltava määritetyssä käyttöympäristössään riittävän hyvä häiriönsietotaso. (SFS 6000-1)

Sähkölaite tulee suojata tarvittavilta osin koteloinnilla, jotta laite ei voi aiheuttaa sähköiskun vaaraa. Sähkölaitteen jännitteiset osat tulee suojata vähintään IP2X tai IPXXB luokien kotelolla (6000-4-41). Mikäli laite asennetaan ulkotiloihin, asennettavien laitteiden koteloitiluokan tulee olla vähintään IP44 (6000-7-712). Laite voidaan asentaa koteloitiluokan IPX1 koteloon, mikäli laite on suojattu vesisateelta. Mikäli laitetta ei voida asentaa siten, että se olisi suojattuna sateelta, tulee koteloitiluokaksi valita joko IPX3 tai IPX4. Koteloitiluokat eroavat toisistaan siten, että IPX3 on suunnattu laitteille, jotka on asennettu yli 0,5 metrin korkeudelle vaakatasosta, eli esimerkiksi maanpinnasta tai lattiasta. IPX4 on taas suunniteltu laitteille, jotka on asennettu alle 0,5 metrin korkeudelle. (SFS 6000-8-804) Liitteessä 1 on taulukko IP-koodien osista ja niiden merkityksistä.

4.2.2 Sähkölaitteen vaatimukset

Sähkölaitteen suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon erinäisiä asioita, jotta se ei aiheuta ongelmia käyttökohteessa. Sähkölaitteen on oltava sellainen, että se kestää sellaisen suurimman jatkuvan jännitteen, jolla laitetta on tarkoitus syöttää. (SFS 6000-1) Sähkölaite on myös suunniteltava siten, että sen nimellisjännite sopii suunniteltuun asennuskohteeseen ja sen on kestävä tehollisarvoinen vaihtovirta, joka sille suunnitellussa käytössä ilmaantuu sekä muut virrat, jotka voivat todennäköisesti esiintyä. Laite ei saa aiheuttaa merkittäviä sähkömagneettisia häiriöitä, sekä sen on kestävä riittävästi muiden laitteiden aiheuttamia sähkömagneettisia häiriöitä, kun laitetta käytetään sille suunnitellulla käyttötavalla. (SFS 6000-5-51)

Sähkölaitetta suunniteltaessa on otettava huomioon, missä käyttötilanteissa sitä on tarkoitus käyttää. Sen on teho-ominaisuuksiltaan sovelluttava tähän käyttöön, jotta laite toimii käytössä suunnitellulla tavalla. Laitteen tulee sopia myös muilta ominaisuuksiltaan suunnitellun käyttöympäristön sille altistamiin vaikutuksiin. Ominaisuuksien tulee olla sellaisia, ettei se esimerkiksi kytkentävirrallaan, harmonisilla yliaalloillaan, epäsymmetrisellä

kuormallaan tai kuormitusvaihteluilla, yli- tai alijännitteillä tai tasavirtakomponenteilla tuota vahinkoa tai häiriötä muihin laitteisiin tai yleiseen jakeluverkkoon. (SFS 6000-1)

4.2.3 Pienjännitteisiä generaattorilaitteistoja koskevat vaatimukset

Pienjännitestandardista SFS 6000 energiavarastoja koskee erityisesti osan 5-55 luku 551 Pienjännitteiset generaattorilaitteistot. Luvussa käsiteltävillä generaattorilaitteistoilla tarkoitetaan pienjännitteisiä generaattoreita, jotka syöttävät koko sähköasennusta tai asennuksen osaa joko jatkuvasti tai ajoittain. Energiavaraston kohdalla kyse voisi olla kummasta tahansa. Asuinrakennuksessa olisi kyse ajoittaisesta sähkönsyötöstä ja mökkikohteessa, jota ei ole kytketty yleiseen jakeluverkkoon, olisi kyse jatkuvasta sähkönsyötöstä. Standardin vaatimuksia voi soveltaa sekä asennuksiin, joita ei ole liitetty yleiseen jakeluverkkoon, sekä asennuksiin, jotka on liitetty yleiseen jakeluverkkoon. Aurinkosähköllä ladattava akkupohjainen energiavarasto on tarkoitettu pääasiassa kiinteiden sähköasennusten syöttöön. Standardi koskee esimerkiksi polttomoottoreita, turbiineja, sähkömoottoreita, aurinkopaneeleja sekä sähkökemiallisia akkuja. (SFS 6000-5-55)

Seuraavaksi käsitellään standardin tämän osan vaatimuksia akkupohjaisen energiavaraston kannalta. Kaikkia standardin vaatimuksia ei ole tuotu ilmi, vaan on keskitytty kaikkein oleellisimpiin vaatimuksiin.

Aina generaattorilaitteistoa suunniteltaessa on otettava huomioon laitteiston prospektiivinen oikosulku- ja maasulkuvirta, jotta suojalaitteet sähköasennuksessa tai yleisessä jakeluverkossa toimivat oikein. Tällä varmistetaan, että oikosulun katkaisukyky on riittävä. Generaattorilaitteisto on suunniteltava niin, ettei siihen kytketyt laitteet voi vahingoittua, esimerkiksi jännite- ja taajuusvaihteluiden tai kuormituksien kytkemisen takia, laitteistolle suunnitellussa käytössä. (SFS 6000-5-55)

On tärkeää, että generaattorilaitteiston suojalaitteet toimivat suunnitellusti. Generaattorilaitteiston suojalaitteiden oikean toiminnan takaamiseksi, on generaattorilaitteistoon liitettävän vaihtosuuntaajan yhteydessä otettava huomioon, että siihen liittyvät suotimet tai sen aiheuttamat tasavirtakomponentit eivät heikennä niiden toimintaa. Mikäli generaattori toimii rinnan yleisen jakeluverkon kanssa, on otettava sen yliaaltovirrat huomioon. Näitä voidaan joutua rajoittamaan, jotta ehkäistään johtimien liika kuormittuminen. On

myös huomioitava, että oikeanlainen ylivirtasuojaus säilyy koko ajan sekä laitteesta ei saa missään käyttötilanteessa aiheutua lämpenemän aiheuttamaa vaaraa, kuten tulipaloa tai palovammaa. (SFS 6000-5-55)

Generaattoria suunniteltaessa pitää kartoittaa sen aiheuttamat häiriöt. Mikäli energiavarastoa käytetään kytkettävänä vaihtoehtona yleiselle jakeluverkolle, on varmistettava, ettei se aiheuta häiriöitä, kuten harmonisia yliaaltoja, jännitteen vaihteluja tai vaiheiden epäsymmetriaa, yleiseen jakeluverkkoon. Mikäli laitteisto on tarkoitus kytkeä yleiseen jakeluverkkoon, tulee ottaa huomioon jakeluverkon haltijan mahdollisesti esittämät erityisvaatimukset laitteistolle. Generaattorilaitteiston suojaus on suunniteltava jakeluverkon haltijan avustuksella, sillä yleisen jakeluverkon ominaisuudet vaikuttavat suojauksen valintaan. Generaattorin suojaukseen tulee kuulua ainakin automaattiset suojalaitteet, jotka irrottavat laitteen pois yleisestä jakeluverkosta tilanteen niin vaatiessa. Tämän voi aiheuttaa esimerkiksi taajuuden poikkeaminen yleisen jakeluverkon määritellyistä arvoista. (SFS 6000-5-55)

Kiinteitä akkuja asennettaessa pitää ottaa huomioon erityisiä seikkoja. Kiinteästi asennettavat akut on asennettava niin, etteivät niihin pääse käsiksi muut kuin ammattitaitoiset henkilöt. Tämä voidaan toteuttaa asentamalla akut koteloihin tai lukittuihin tiloihin. Kotitalouskäyttöön soveltuvan energiavaraston kohdalla tämä tavallisesti tarkoittaa koteloon asentamista. Asennettaessa akkua koteloon, pitää ottaa huomioon tarvittava ilmanvaihto. (SFS 6000-5-55)

Mikäli generaattorilaitteisto syöttää sähköasennusta, jota ei ole liitetty yleiseen jakeluverkkoon, on generaattorilaitteiston suorituskyvyn sovelluttava sille suunniteltuun käyttöön. Generaattorin kuormitusta kytkettäessä päälle tai pois, ei saa aiheutua vahinkoja sen syöttämille laitteille. Vahinkoja voivat aiheuttaa esimerkiksi taajuuden vaihtelut. (SFS 6000-5-55)

4.2.4 Paloturvallisuus

Standardin SFS 6000 osa 4-42 Suojaus lämmön vaikutuksilta määrittelee, miten suojaudutaan sähkölaitteiden lämmön vaikutuksilta. Tämä on tärkeää esimerkiksi tulipalojen ja palovammojen ehkäisyssä.

Palovaarojen ehkäisy on hyvä ottaa huomioon jo laitteen suunnitteluvaiheessa. Sähkölaite on suunniteltava siten, ettei se aiheuta sellaista lämpötilaa, joka voisi aiheuttaa vahinkoa tai tulipalovaaraa laitteen asennusympäristöön. Vahinkojen välttämiseksi, pitää myös sähkölaitteen valmistajan ohjeita noudattaa standardien lisäksi. (SFS 6000-4-42)

Aina pelkällä suunnittelulla ei pystytä eliminoimaan kaikkia riskitekijöitä. Mikäli sähkölaite voi kuumeta aiheuttaen korkeita lämpötiloja, tulee se sijoittaa niin, ettei se voi aiheuttaa tulipalovaaraa. Tämä voidaan toteuttaa myös suojaamalla sähkölaite tai eristämällä se muusta asennuksesta tai rakenteista heikosti lämpöä johtavalla materiaalilla. Materiaalin tulee olla myös kyseessä olevan korkean lämpötilan kestävä. Myös mahdolliset lämmöstä aiheutuvat vammat ihmisille tai kotieläimille on estettävä. Tämä taas voidaan toteuttaa suojaamalla kosketeltavat osat. (SFS 6000-1, SFS 6000-4-42)

Kuvassa 9 on esitelty lämpötiloja, joiden ylittyessä sähkölaite on suojattava niin, ettei sitä voi tahattomasti koskettaa. Tästä voidaan kuitenkin poiketa, mikäli kyseisen laitteen rakennestandardi niin määrittelee. (SFS 6000-4-42)

| Kosketeltava osa | Kosketeltavan osan materiaali | Maksimilämpötila (°C) |
|--|-------------------------------|-----------------------|
| Toiminnan aikana kädessä pidettävä | Metalli | 55 |
| | Muu | 65 |
| Osat, joihin on tarkoitus koskea, mutta ei pitää kädessä | Metalli | 70 |
| | Muu | 80 |
| Osat, joita ei tarvitse koskettaa normaalissa käytössä | Metalli | 80 |
| | Muu | 90 |

KUVA 9. Lämpötilaraja-arvot sähkölaitteiden kosketeltavissa oleville osille (SFS 6000-4-42)

4.3 Standardit akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimuksista

Akkuja ja akkuasennuksia koskevat turvallisuusvaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 50272-1 ja SFS-EN 50272-2, jotka on laatinut eurooppalainen sähköalan standardoimisjärjestö CENELEC. Standardit ovat siis käytössä kaikissa EU-maissa sekä Islannissa, Norjassa ja Sveitsissä (SFSedu). Standardit koskevat pääasiassa lyijy- ja nikkeli-kadmiumakkuja, mutta niitä voidaan soveltaa soveltuvien osien myötä myös muihin akkuihin.

Standardit koskevat akkuja, joiden nimellisjännite on korkeintaan 1500 voltia tasajännitettä. Ensimmäinen standardeista on vuodelta 2012 ja toinen vuodelta 2001.

Tässä työssä tutustutaan seuraavaksi näiden standardien oleellisimpiin vaatimuksiin akkupohjaisten energiavarastojen kannalta. Kaikkia standardissa esiintyviä vaatimuksia ei ole siis käsitelty tässä työssä.

Varaaja tai kuorma ei saisi lyhentää akun elinikää. Siksi varaajan tai kuorman aiheuttamia vaihtovirtakomponentteja akuille on rajoitettava kuvan 10 mukaisesti. Luvut ovat vaihtovirtakomponentin I_{eff} suuruus sataa ampeerituntia kohti. Mikäli vaihtovirtakomponentteja esiintyy suositeltua enemmän, voi tämä lämmittää akkua sekä vaikuttaa sen elinikään lyhentävästi. (SFS-EN 50272-1)

| I_{eff} | Lyijyakut | NiCd-akut |
|-------------|-----------|-----------|
| Kestovaraus | 5 A | 20 A |
| Pikavaraus | 10 A | 20 A |

KUVA 10. Rajat akkutyypin varausvirran vaihtovirtakomponenteille 100 Ah kohden (SFS-EN 50272-1)

Kuvassa 11 on esitetty erilaisten akkujen toimintalämpötilat. Kuvaan merkitty toimintalämpötilan alaraja johtuu elektrolyytin jääytymisestä alemmissa lämpötiloissa. Alhaiset lämpötilat vaikuttavat akun ominaisuuksiin heikentävästi. Ne voivat vaikuttaa esimerkiksi akun tehoon, hyötysuhteeseen sekä varauskykyyn. (SFS-EN 50272-1)

| Lämpötila | Pb Avokenno | Pb Suljettu lyijyakku | NiCd Avokenno | NiCd Kaasutiivis siirrettävä | NiMH Kaasutiivis siirrettävä | Li-Ion |
|---|----------------|-----------------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Alaraja (täyteen varattu) | – 40 °C | – 40 °C | – 50 °C | – 50 °C | – 40 °C | – 40 °C |
| Yläraja ¹⁾ | + 60 °C | + 55 °C | + 70 °C | + 60 °C | + 60 °C | + 60 °C |
| ¹⁾ Lämpötila, joka voi vaikuttaa vain rajoitetun ajan. Jos lämpötila pysyy tässä arvossa jatkuvasti, elinikä lyhenee vääjäämättömästi. HUOM. Muiden akkujärjestelmien osalta noudatetaan valmistajan ohjeita. | | | | | | |

KUVA 11. Akkujen toimintalämpötilat (SFS-EN 50272-1)

Akkukotelon riittävästä ilmanvaihdosta on huolehdittava turvallisuuden takaamiseksi. Akun kotelossa on oltava riittävä ilmanvaihto, jotta kotelon vetykonsentraatio ei nouse 4 % vol yläpuolelle, joka vastaa räjähdysrajaa. Tämä voidaan toteuttaa joko luonnollisella tai koneellisella ilmanvaihdolla. Kotelossa tulee olla erikseen aukot tulo- ja poistoilmalle. (SFS-EN 50272-2) Tarvittaessa aukkojen pinta-alat voidaan määrittää kaavalla 1 (SFS-EN 50272-2)

$$A = 28 \cdot Q,$$

jossa A on tuuletusaukkojen pinta-ala neliösenttimetreinä ja Q on vaadittava ilmanvaihto kuutiometreinä per tunti.

Akuissa käytetään myrkyllisiä ja terveydelle haitallisia kemikaaleja. Akun sisältävässä sähkölaitteessa tulee kaikkien komponenttien sekä koteloiden olla sellaisia, että ne kestävät akuissa käytettäviä kemikaaleja. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan osat myös suojata erikseen näiltä kemikaaleilta. (SFS-EN 50272-2)

Akkujen turvallisen huollon takaamiseksi, on otettava huomioon erinäisiä standardissa esitettyjä vaatimuksia. Kaikki akut on hyvä merkitä erikseen niin, että ne voidaan erottaa toisistaan esimerkiksi huoltotoimenpiteiden yhteydessä. Lisäksi akun mukana tulee olla asiakirjat, joista käyvät ilmi esimerkiksi akun valmistaja tai toimittaja, akun nimellisjännite ja -kapasiteetti, akun käyttöönottopäivä sekä turvallisuusohjeet, joita voidaan tarvita akkua käytettäessä tai huollettaessa. (SFS-EN 50272-2)

Jotta voidaan varmistaa, että akku on turvallinen käyttää, tulee akku tarkastaa säännöllisesti. Valmistaja määrittelee, mitä akusta tulisi tarkastaa. Tarkastettavia asioita ovat esimerkiksi akun lämpötila ja jännite sekä elektrolyyttien tiheys. (SFS-EN 50272-2)

4.4 Valtioneuvoston asetukset

Valtioneuvoston asetukset perustuvat lakiin, ja niiden tarkoitus on tarkentaa laissa esitettyjä vaatimuksia. Valtioneuvoston asetuksilla voidaan myös täydentää lakia. Suomessa sähkölaitteita koskevat valtioneuvoston asetukset pohjautuvat sähköturvallisuuslakiin 1135/2016. Paristoja ja akkuja koskeva asetus taas pohjautuu jätelakiin 646/2011 sekä ympäristönsuojelulakeihin 86/2000 ja 252/2005 (Valtioneuvoston asetus 520/2014).

4.4.1 Sähkölaitteita koskevat asetukset

Sähköturvallisuuslain lisäksi sähkölaitteita koskevia vaatimuksia on esitetty valtioneuvoston asetuksissa. Suomessa sähkölaitteita koskevat valtioneuvoston asetukset ovat Valtioneuvoston asetus 1434/2016 sähkölaitteistoista, asetus 1435/2016 sähkötyöstä ja sähkökäyttötyöstä, asetus 1436/2016 sähkölaitteiden- ja laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta sekä asetus 1437/2016 sähkölaitteiden turvallisuudesta. Tässä työssä keskitytään Valtioneuvoston asetuksiin 1436/2016 ja 1437/2016.

Sähkömagneettista yhteensopivuutta säätelevä asetus 1436/2016 pohjautuu sähköturvallisuuslakiin 1135/2016 sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin 2014/30/EU. Asetus sisältää paljon viittauksia kyseiseen direktiiviin. Asetuksen liitteessä on esitelty olennaiset vaatimukset sähkölaitteiden sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle. Nämä vaatimukset ovat, että laite ei saa aiheuttaa sellaista sähkömagneettista häiriötä, että radio- tai telelaitteet eivät enää toimisi oikein, sekä laitteen on kestävä sille suunnitellussa käyttötarkoituksessa altistavat sähkömagneettiset häiriöt (Valtioneuvoston asetus 1436/2016).

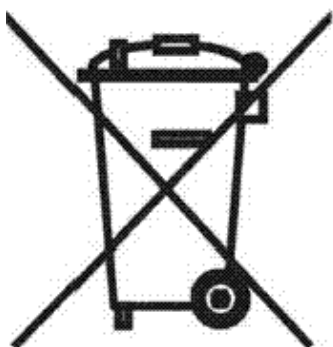
Sähkölaitteiden turvallisuutta koskeva asetus 1437/2016 säätelee sähkölaitteiden asettamista markkinoille Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/35/EU sekä sähköturvallisuuslain 1135/2016 mukaisesti. Asetus käsittelee sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuutta sekä sähkölaitteiden välttämättömät turvallisuutta koskevat vaatimukset. Näitä ovat esimerkiksi: sähkölaite on oikein käytettynä turvallinen; suojaus vaaroilta, joita sähkölaite voi aiheuttaa, eli esimerkiksi sähköiskuilta ja tulipalovaaralta; suojaus vaaroilta, joita sähkölaitteeseen voi aiheutua esimerkiksi mekaanisessa rasituksessa (Valtioneuvoston asetus 1437/2016).

4.4.2 Asetus paristoista ja akuista

Valtioneuvoston asetus 520/2014 koskee kaikkia paristoja ja akkuja. Asetuksen tarkoituksena on erityisesti vähentää paristojen ja akkujen ympäristölle aiheuttamia haittoja, ja asetus käsittelee myös akkujen ominaisuuksien kehittämistä ympäristönäkökulmasta sekä kierrätystä. (Valtioneuvoston asetus 520/2014)

Akkuja suunnitellessa sekä saattaessa niitä markkinoille, on otettava erityisiä ympäristölähtöisiä rajoituksia huomioon. Markkinoille ei saa saattaa sellaisia akkuja, joiden massasta yli 0,0005 prosenttia on elohopeaa tai 0,002 prosenttia kadmiumia. Mikäli akussa kuitenkin on metalleja sallittuja rajoja enemmän, tai lyijyä yli 0,004 prosenttia laitteen massasta, on laite merkittävä sitä sisältävän metallin kemiallisella merkillä. Akut tulee suunnitella sekä valmistaa ottaen huomioon niiden vaikutukset ympäristöön, ja niiden ominaisuuksia on kehitettävä, sen ollessa mahdollista, koko niiden elinkaaren ajan, jotta tämä toteutuisi. Akkujen vaaralliset aineet, kuten elohopea, lyijy ja kadmium pitää pyrkiä korvaamaan muilla aineilla. (Valtioneuvoston asetus 520/2014)

Akkujen tuottajilla on tiettyjä velvollisuuksia. Heidän on huolehdittava, että heidän tuottamilleen tai maahantuomilleen akuille järjestetään erilliskeräys akkujen ympäristöhaittojen minimoimiseksi. Akut on myös merkittävä kuvan 12 tunnuksella. Tunnus tulee laittaa akkuun niin, että se peittää ainakin kolme prosenttia akun suurimmasta sivusta. Sen koko ei kuitenkaan saa ylittää 5 x 5 senttimetriä. Akkujen tuottajien on myös huolehdittava, että loppukäyttäjät saavat riittävästi tietoa millaisia ympäristövaikutuksia akun sisältämillä aineilla on sekä kerrottava mitkä vaatimukset koskevat akkuja, jotka poistetaan käytöstä, sekä loppukäyttäjän saatavilla olevista kierrätysmahdollisuuksista. (Valtioneuvoston asetus 520/2014)



KUVA 12. Akkujen erilliskeräyksen osoittava tunnus (Valtioneuvoston asetus 520/2014)

Akkuja tuottavien tahojen tulee Suomessa tehdä hakemus Pirkanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen tuottajarekisteriin tai liittyä tuottajayhteisöön. Jotta tuottaja voidaan hyväksyä tuottajarekisteriin, hakemuksesta tulee ilmetä ainakin tuottajan sekä yhteyshenkilön nimet, tarvittavat osoitteet, puhelinnumero, sähköposti- ja internetiosoite, akun tyyppi, yritystunnus, tiedot akkujen jätehuollon järjestämisestä sekä vakuustietojen paikkansapitävyydestä. Eri akkutyypeillä tarkoitetaan kannettavia akkuja, teollisuusakkuja sekä ajoneuvoakkuja. Kun yritys on tehnyt hakemuksen ELY-keskuksen tuottajarekisteriin, on sen velvollisuus järjestää valmistamiensa tai maahantuomiensa akkujen kierrätys. (Ympäristöhallinto) Mikäli tuottajarekisteriin ilmoitetut tiedot muuttuvat tai tuottajan toiminta lakkaa, on siitä ilmoitettava kuukauden kuluessa. (Valtioneuvoston asetus 520/2014)

4.5 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit

Koko EU-aluetta koskevat Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit. Jokainen jäsenmaa tuo omilla lailla direktiivit osaksi maan lainsäädäntöä, jotta direktiivin vaatimukset täyttyvät. Noudattamalla Suomen lakia ja valtioneuvoston asetuksia energiavarasto sopiikin myös muiden EU-jäsenmaiden markkinoille. Energiavarastoa suunniteltaessa tulee erityisesti ottaa huomioon direktiivit paristoista ja akuista sekä direktiivi sähkölaitteiden saattamisesta markkinoille.

4.5.1 Direktiivi paristoista ja akuista

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit 2006/66/EY ja 2013/56/EU koskevat paristoja ja akkuja sekä käytettyjä paristoja ja akkuja. Direktiivit ovat vuosilta 2006 ja 2013, ja ne käsittelevät erityisesti paristojen ja akkujen ympäristövaikutuksia sekä kierrätystä. Direktiiveistä direktiivi 2006/66/EY on laajempi. Direktiivissä 2013/56/EU on tehty joitakin muutoksia koskien johdottomia työkaluja tähän aiempaan direktiiviin nähden sekä kumottu komission päätös 2009/603/EY.

Suomessa käytettävä valtioneuvoston asetus 520/2014 perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston näihin direktiiveihin, ja ne ovatkin sisällöltään pitkälti samankaltaiset. Euroo-

pan parlamentin ja neuvoston direktiiveissä yksityiskohtia on kuitenkin tuotu hieman tarkemmin esille. Suomen valtioneuvoston asetuksesta poiketen, direktiivissä sanotaan, että akkuja sisältävät laitteet on suunniteltava siten, että käytetyt akut ja paristot on mahdollista irrottaa helposti. Akun poistamisen laitteesta on voitava suorittaa joko laitteen lopputäyttäjän tai ammattilaisen laitteen ohjeiden mukaisesti. Ohjeesta tulee myös ilmetä akun tyyppi. Energiavaraston tapauksessa akun irrottaminen on ammattilaisen tehtävä. Akun kapasiteetin tulee myös ilmetä laitteesta. (Direktiivi 2013/56/EU)

4.5.2 Direktiivi sähkölaitteiden saattamisesta markkinoille

Sähkölaitteiden saattamista markkinoille säätelee Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU. Tätä direktiiviä kutsutaan myös pienjännitedirektiiviksi, sillä se koskee kaikkia sähkölaitteita, joiden nimellisvaihto- tai tasajännite on 75–1500 voltia. (Tukes: Lisätietoa pienjännitedirektiivistä) Direktiivi koskee tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamille saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamista, ja takaa, että sähkölaitteet ovat oikein asennettuna, käytettynä ja huollettuna turvallisia. (Tukes: LVD - Sähköturvallisuus) Suomen sähköturvallisuuslaki 1135/2014 pohjautuu tähän direktiiviin, ja niiden sisällöt ovatkin hyvin pitkälti samankaltaiset. EU:n direktiivissä kuitenkin käsitellään CE-merkintää hieman perusteellisemmin mitä sähköturvallisuuslain yhteydessä, joten direktiiviä on käytetty lähteenä tässä työssä CE-merkinnän vaatimukseen tutustuttaessa kappaleessa 4.6.

4.6 CE-merkintä

CE-merkintä (kuva 13) on tavallisesti pakollinen Euroopan talousalueella myytävälle tuotteille, ja tulee ranskankielen sanoista *Conformité Européenne*, joka tarkoittaa Euroopan vaatimustenmukaisuutta. (Tukes: CE-merkintä) CE-merkintä on valmistajan itsensä tai maahantuojan määrittämä turvallisuusmerkintä, jolla se ilmoittaa viranomaisille, että tuote täyttää turvallisuusvaatimukset. Se ei siis vaadi kolmannen osapuolen tarkastusta tai testausta, eikä siis aina takaa tuotteen turvallisuutta. CE-merkintää ei saa kuitenkaan laittaa tuotteisiin, joissa sitä ei vaadita. (Direktiivi 2014/35/EU) Sähkölaitteille CE-merkintä on aina pakollinen.



KUVA 13. CE-merkintä (Tukes: CE-merkintä)

4.6.1 Sähkölaitteen turvallisuutta koskeva Euroopan parlamentin direktiivi

CE-merkintää käytettäessä tulee kuitenkin ottaa joitakin seikkoja huomioon, jotka on esitetty yksityiskohtaisesti Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2014/35/EU artikkelissa 3, ja vahvistettu liitteessä I. Direktiivin pääkohdat esitellään seuraavaksi. Mainitut seikat ovat pääkohtia mainitusta direktiivistä, eikä kaikkia asiahaaroja ole siis esitelty tyhjentävästi. Tarkoitus on luoda yleiskuva direktiivin sisällöstä ja tarkoituksesta. (Direktiivi 2014/35/EU)

Ensisijaisen tärkeää on, ettei sähkölaite voi aiheuttaa vaaraa ihmisille tai kotieläimille kosketettaessa laitetta. Laitteen tulee myös kestää ympäristövaikutukset, joiden voidaan olettaa syntyvän laitteen käyttökohteessa. Laitteen pitää olla myös niin turvallinen, ettei se voi aiheuttaa vaarallista lämpötilaa, säteilyä tai valokaaria. Myös laitteen mahdollinen ylikuormitus tulee ottaa huomioon turvallisuusnäkökulmasta. (Direktiivi 2014/35/EU)

Laitteesta on myös laadittava direktiivin liitteessä III esitetyt tekniset asiakirjat, suoritettava liitteessä esitetyt vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely ja laadittava EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus, josta on esitetty esimerkki liitteessä 2. (Direktiivi 2014/35/EU)

Näiden teknisten asiakirjojen tulee sisältää vähintään seuraavat asiat: kuvaus sähkölaitteesta, rakennepiirustukset sekä kaaviot piireistä, komponenteista ja osalaitteistoista selvityksineen, suunnittelun vaatimien laskelmien ja tarkastusten tulokset sekä testiraportit.

On myös tarkistettava, mitkä Euroopan yhdenmukaistetut standardit laite täyttää. Standardeja ei ole pakko käyttää, mutta tällöin tulee osoittaa, miten on päästy vaadittavaan turvallisuustasoon ilman standardeja. Nämä tekniset asiakirjat sekä EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus on säilytettävä kymmenen vuoden ajan siitä, kun laite on saatettu markkinoille. (Direktiivi 2014/35/EU)

Edellä mainittujen turvallisuustekijöiden lisäksi CE-merkintään liittyy muitakin säännöksiä. CE-merkittyyn laitteeseen pitää merkitä CE-merkintä mielellään itse laitteeseen tai sen arvokilpeen. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voi CE-merkinnän panna esimerkiksi pakkaukseen tai ohjekirjaan. Ohjekirjan ja turvallisuustietojen pitää olla laitetta myyvän maan kielelle käännettynä, jotta se on helposti ymmärrettävissä. Ohjeiden ja turvallisuustietojen tulee olla myös helposti ymmärrettävissä. Tuotteesta tulee myös löytyä tuotteen yksilöivä merkintä, esimerkiksi tyyppi- tai sarjanumero, jonka avulla laite voidaan tunnistaa. Laitteen mukana toimitettavissa asiakirjoista tai pakkauksesta on löydettävä valmistajan tai maahantuojan selvät yhteystiedot. Mikäli laitteessa kaikista toimenpiteistä huolimatta ilmenee turvallisuutta heikentäviä tekijöitä, tulee laite vetää takaisin markkinoilta ja kuluttajille on laadittava palautusohjelma. Laite on myös korjattava vaatimusten mukaiseksi. (Direktiivi 2014/35/EU)

4.6.2 Direktiivi ja energiavarasto

Energiavarasto on sähkölaite, joten kaikki edellä mainitut seikat on otettava huomioon ennen kuin se saatetaan markkinoille riskien minimoimiseksi. CE-merkinnän luotettavuus on täysin valmistajan tai markkinoille saattavan käsissä, ja siksi on noudatettava erityistä huolellisuutta, jottei sähkölaite aiheuta esimerkiksi ruumiillista- tai tulipalovaa-
raa käyttökohteessa.

4.7 FI-merkki

Toisin kuin CE-merkintä, FI-merkki (kuva 14) voidaan saada kolmannen osapuolen testattua tuotetta, kun se varmistaa tuotteen laadun ja täyttävän vaaditut turvallisuusstandardit. Sitä ei siis myönnetä, mikäli tuote ei läpäise tarkastuksia ja testejä. Lisäksi tuote vaatii sertifiointiarvion SGS Fimkossa. (FI-merkki:Valmistajalle)

FI- turvallisuusmerkki osoittaa tuotteen täyttävän sitä koskevat turvallisuus-vaatimukset ja sitä on turvallista käyttää Suomen olosuhteissa. Se antaa perustan tuotteen turvallisuudelle myös koko Euroopan alueella.



FI-vaatimustenmukaisuusmerkki osoittaa tuotteen tai materiaalin täyttävän sitä koskevat vaatimukset, joita voivat olla mm. lujuus, tiiveys, kestävyys, mitoitus ja turvallisuus.



FI-tarkastusmerkki osoittaa asennuksen täyttävän sille asetetut vaatimukset ja sitä on turvallista käyttää.



KUVA 14. Erilaisia FI-merkkejä (FI-merkki: Mistä sen voi löytää)

Energiavaraston kohdalla FI-merkki on erityisen tärkeä taaten sähkölaitteen olevan turvallinen käyttää. Sähkölaitteen on oltava aina kuluttajalle turvallinen käyttää, ilman että siitä aiheutuu tarpeetonta riskiä. Tämän on tärkeää myös siksi, että energiavarasto saattaa sijaita haastavissa olosuhteissa, kuten kovassa pakkasessa tai vesisateessa, jotka voivat mekaanisesti kuluttaa laitetta. Erityisesti laadultaan heikko laite kärsii näistä olosuhteista, ja voi aikaa myöten muuttua riskiksi käyttäjälleen. Laite on usein myös asuinrakennuksen yhteydessä, jolloin on erityisen tärkeää, ettei siitä voi syntyä tulipalovaaraa sitä oikein käytettäessä, joka vaarantaisi paitsi omaisuuden, myös mahdollisesti ihmishenkiä. FI-merkki onkin kuluttajalle hyvä tae tuotteen turvallisuudesta ja laadusta, ja siten valmistajalle hyvä myyntivaltti. FI-merkkiin voi luottaa turvallisuuden takeena, sillä sen on myöntänyt puolueeton osapuoli, toisin kuin CE-merkinnän.

5 POHDINTA

Työssä saatiin kartoitettua akkupohjaista energiavarastoa koskevat oleelliset määräykset. Energiavarastoa koskevia määräyksiä on useita, eikä näiden määräyksien kaikkea sisältöä ollut mielekästä esitellä tässä työssä. Siksi näistä määräyksistä tuotiin esille vain niiden tärkeimmät asiahaarat, jotka ovat keskeisiä akkupohjaisen energiavaraston teknisen rakenteen tai ominaisuuksien kannalta. Työssä käsiteltyjen määräysten lisäksi akkupohjaista energiavarastoa koskevat monet kansainväliset standardit, joita ei ollut niiden maksullisuuden vuoksi mahdollista käyttää tässä työssä. Mikäli nämä standardit olisivat ollut käytettävissä, olisi energiavarastoja koskevista määräyksistä saatu luotua parempi kokonaiskuva sekä yksityiskohtaisempaa tietoa olisi voitu tuoda esille. Kansainvälisissä standardeissa on esimerkiksi erillisiä standardeja kiinteille akkuasennuksille sekä akuille aurinkovoimaloissa, millaisia Suomen kansallisissa standardeissa taas ei ole. Opinnäytetyössä kartoitettuja määräyksiä voidaan hyödyntää akkupohjaisen energiavaraston suunnitteluvaiheessa. Niistä saadaan tietoa vaatimuksista energiavaraston tekniseen rakentamiseen sekä ominaisuuksiin.

Myös energiavaraston markkinapotentiaali saatiin selvitettyä. Aurinkosähkön varastointiin ovat viime vuosina yleistyneet erilaiset lyijy- ja litiumioniakkuratkaisut hallintasoveltuksineen. Niiden yleistymistä kuitenkin hidastaa vielä korkeat hankintakustannukset, vaikka energiavarastoista onkin monia hyötyjä. Energiavarastojen markkinat ovat pääasiassa Euroopan ulkopuolella; Australiassa, Yhdysvalloissa, Japanissa, mutta myös Saksassa markkinat kasvavat vauhdilla. Pohjoismaissa markkinat ovat vielä jäljessä verrattuna edellä mainittuihin. Ne kuitenkin tulevat kasvamaan, mikäli energiavarastoinvestointeja ruvetaan tukemaan valtioiden toimesta kuten Saksassa. Myös markkinatutkimusta voidaan hyödyntää energiavaraston suunnitteluvaiheessa. Sen avulla voidaan karottaa energiavarastolle potentiaalisin markkina-alue ja miten Suomen markkinoita voisi hyödyntää.

Energiavarastojen kysyntä kasvaa lähitulevaisuudessa, kun uusiutuvien energiamuotojen käyttö yleistyy, ja monet valtiot pyrkivät eroon fossiilisista polttoaineista. Energiavarastot tulevat olemaan koko ajan merkittävämmässä asemassa osana uudenlaista energiapolitiikkaa, ja energiavarastojen ”kulta-aika” onkin vasta edessä. Hintojen odotetaan laskevan markkinoiden kasvaessa, mikä lisää kiinnostusta energiavarastoja kohtaan entisestään.

Lisää uusia ratkaisuja tullaan kaipaamaan, ja energiavarastojen kehittämiseen tarvittaisiinkin kehittyneempää teknologiaa, jonka avulla voitaisiin esimerkiksi tasata eri vuodenaikojen sähkönkulutusta. Energiavarastojen koko ajan kasvavat markkinat eivät ainoastaan kerro niiden markkinapotentiaalista, vaan energiavarastot tulevat olemaan oleellinen osa tulevaisuuden energiantuotantoa.

LÄHTEET

Apta. Everything You Wanted To Know About Energy Storage But Were Afraid To Ask. Luettu 17.4.2018. <http://www.apta.com/mc/rail/previous/2010/Papers/Everything-You-Wanted-To-Know-About-Energy-Storage-But-Were-Afraid-To-Ask.pdf>

CleanTechnica. 2018. The Growing Energy Storage Market. Luettu 8.3.2018. <https://cleantechnica.com/2018/02/25/the-growing-energy-storage-market/>

Direktiivi 2006/66/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi paristoista ja akuista sekä käytetyistä paristoista ja akuista ja direktiivin 91/157/ETY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 26.9.2006. Luettu 21.3.2018. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:266:0001:0014:FI:PDF>

Direktiivi 2013/56/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi paristoista ja akuista sekä käytetyistä paristoista ja akuista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/66/EY muuttamisesta johdottomissa työkaluissa käytettäviksi tarkoitettujen kadmiumia sisältävien kannettavien paristojen ja akkujen sekä vähän elohopeaa sisältävien nappiparistojen markkinoille saattamisen osalta sekä komission päätöksen 2009/603/EY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 10.12.2013. Luettu 21.3.2018. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0056&from=EN>

Direktiivi 2014/35/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 29.3.2014. Luettu 5.2.2018. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0035>

EDF. Environmental Defense Fund. Energy storage market booms, with more growth to come. Luettu 16.4.2018. <https://www.edf.org/energy/energy-storage>

EES Europe. 2017. ees Europe 2018: Vast Market Potential of Energy Storage Systems. Luettu 14.2.2018. <http://www.ees-magazine.com/ees-europe-2018-vast-market-potential-of-energy-storage-systems/>

Energy Storage Report. 2018. Finland sees growing role for energy storage. Luettu 18.4.2018. <http://energystoragereport.info/finland-sees-growing-role-energy-storage/#sthash.CKgCdSk8.26MxX2iA.dpbs>

Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A., Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. 1. painos. Helsinki: Into.

ESA. Facts & Figures. Luettu 14.2.2018. <http://energystorage.org/energy-storage/facts-figures>

FI-merkki. Mistä sen voi löytää. Luettu 5.2.2018. <https://www.fi-merkki.fi/mista-sen-voi-loytaa/>

FI-merkki. Valmistajalle. Luettu 5.2.2018. <https://www.fi-merkki.fi/miksi-fi-merkki/valmistaja/>

- Frost & Sullivan. 2017. Global Energy Storage Market Outlook, 2017. Luettu 14.2.2018. <http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=MCFB-01-00-00-00&bdata=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmZpL0B%2BQJEJhY2tAfkAx-NTE4NjNjZkxMTMw>
- Greentech Media. 2015. Australia's Energy Storage Market to Reach 244MW by 2020. Luettu 14.2.2018. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/australias-energy-storage-market-to-reach-244-mw-by-2020#gs.80SrpEg>
- Greentech Media. 1/2017. Global Energy Storage to Double 6 Times by 2030, Matching Solar's Spectacular Rise. Luettu 17.4.2018. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/global-energy-storage-double-six-times-by-2030-matching-solar-spectacular#gs.5DfTQVM>
- Greentech Media. 2/2017. Growth Prospects for the Global Grid-Connected Battery Market. Luettu 14.2.2018. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/growth-global-grid-connected-battery-market#gs.yMVXwoc>
- Greentech Media. 2018. America Leads Global Energy Storage Development, But China's Catching Up. Luettu 12.4.2018. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/us-leads-global-storage-development-but-chinas-catching-up#gs.YFuRTqc>
- GTAI. Germany Trade & Invest. The Energy Storage Market in Germany. Julkaisu 2017/2018. Luettu 13.2.2018. <https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/Shared-Docs/Downloads/GTAI/Fact-sheets/Energy-environmental/fact-sheet-energy-storage-market-germany-en.pdf?v=9>
- Helen. Aurinkoa kotiin: Sähkövarasto pientaloon. Luettu 18.4.2018. <https://www.helen.fi/aurinko/kodit/sahkovarasto-pientaloon/>
- IHS Markit. 2014. Residential Solar Energy Storage Market to Grow by Factor of 10 from 2014 to 2018. Luettu 10.4.2018. <https://technology.ihs.com/515746/residential-solar-energy-storage-market-to-grow-by-factor-of-10-from-2014-to-2018>
- Juntunen, J. 2016. Aurinkosähköä talteen. Rakennusmaailma 5/2016.
- Lindell, I. 2009. Sähkön pitkä historia. 1. painos. Tampere: Otatieto.
- Luxury Arabia. 2016. Plug & play energy. Luettu 18.4.2018. <http://www.luxuryarabia.com/plug-play-energy/>
- Markets and Markets. Battery Energy Storage System Market worth 8.54 Billion USD by 2023. Luettu 12.4.2018. <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/battery-energy-storage-system.asp>
- Naps Solar. Naps KotiAkku: Itsenäiseen energiankulutuksen hallintaan. Luettu 13.4.2018. https://www.napsolar.com/sites/default/files/2017-05/NAPS%20Sonne%20A4_web_0.pdf
- Navigation Research. 2016. Residential Energy Storage. Luettu 14.2.2018. <https://www.navigantresearch.com/research/residential-energy-storage>

PR Newswire. 2017. Data Shows Solid Growth for Energy Storage Market. Luettu 16.4.2018. <https://www.prnewswire.com/news-releases/data-shows-solid-growth-for-energy-storage-market-661829033.html>

PV Europe. 2018. Solar on the rise in Finland - strong market growth. Luettu 18.4.2018. <http://www.pveurope.eu/News/Markets-Money/Solar-on-the-rise-in-Finland-strong-market-growth>

Renewable Energy World. 2016. Sweden Set to Launch Residential Energy Storage Scheme. Luettu 19.2.2018. <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/10/sweden-set-to-launch-residential-energy-storage-scheme.html>

Renewable Energy World. 2017. Solar Plus Storage Emerge as Next Generation Backup Power Source. Luettu 13.4.2018. <https://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/09/28/solar-plus-storage-emerge-as-next-generation-backup-power-source.html>

Reuters. 2018. U.S. energy storage market to nearly triple this year: report. Luettu 12.4.2018. <https://www.reuters.com/article/us-usa-batteries-report/u-s-energy-storage-market-to-nearly-triple-this-year-report-idUSKCN1GI135>

SFS 6000-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteen, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 9.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-4-41. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 12.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-4-42. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 12.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-5-51. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 13.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-5-55. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-55: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Muut sähkölaitteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 13.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-7-712. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 14.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-8-804. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-804: Täydentävät vaatimukset. Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 14.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFSedu. Mitä ovat sähkötekniset standardit? Luettu 18.4.2018. http://www.sfsedu.fi/ai-healueet/sahko_ja_elektroniikka/standardointijarjesto_sesko/mita_ovat_sahkotekniset_standardit

SFS-EN 50272-1. 2012. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 50272-2. 2001. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 60529 + A1. 2000. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 14.4.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

Sonnen. The SonnenBatterie. All included: high-end components perfectly tuned to your needs. Luettu 17.4.2018. <https://sonnen-batterie.com/en-us/sonnenbatterie>

STEK. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry. Sähköenergian varastointi. Luettu 7.3.2018. https://www.stek.fi/Perustietoa_sahkosta/fi_FI/Sahkoenergian_varastointi/

Sähköala. 2017. Sähkövarastot tulevat myös omakotitaloihin. Luettu 13.4.2018. http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/energiatehokkuus/fi_FI/omakotitalojen_energiavarastot/

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Luettu 22.2.2018 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Tekniikan maailma. 2017. Belgiassa ja Saksassa on otettu käyttöön sähköautojen pikalatausasemat, joissa sähkö saadaan vanhoista Renaultin sähköautojen akuista. Luettu 18.4.2018. <https://tekniikanmaailma.fi/vanhat-sahkoautojen-akut-saavat-nyt-uuden-elman-uusien-autojen-akkujen-lataajina/>

Tesla: Powerwall. Luettu 28.3.2018. https://www.tesla.com/fi_FI/powerwall

Tukes: CE-merkintä. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2018. Luettu 5.2.2018. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>

Tukes: EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2016. Luettu 22.3.2018. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/vaatimustenmukaisuusvakuutus/>

Tukes: Lainsäätöuudistus. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2016. Luettu 13.3.2018. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/kuvat/Lains%C3%A4%C3%A4d%C3%A4nt%C3%B6uudistus.pdf>

Tukes: Lisätietoa pienjännitedirektiivistä. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2017. Luettu 28.3.2018. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/LVD-sahkoturvallisuus/Lisätietoa-pienjannitedirektiivistä/>

Tukes: LVD - Sähköturvallisuus. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2017. Luettu 28.3.2018. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/LVD-sahkoturvallisuus/>

Valtioneuvoston asetus 520/2014. Valtioneuvoston asetus paristoista ja akuista. Helsingissä 3.7.2014. Luettu 28.3.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140520>

Valtioneuvoston asetus 1436/2016. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. Helsingissä 21.12.2016. Luettu 3.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161436>

Valtioneuvoston asetus 1437/2016. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta. Helsingissä 21.12.2016. Luettu 3.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161437>

VTT. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. VTT tiedotteita 2199. Energian varastoinnin nykytila. s.46. Espoo 2009. Luettu 7.3.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2199.pdf>

VTT: 2016. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Energiavarastojen kysyntä kasvaa vauhdilla. Luettu 13.4.2018. <http://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Energiavarastojen-kysynta-kasvaa-vauhdilla.aspx>

World Energy Council. Denmark. 2016. Luettu 19.2.2018. <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/denmark/solar/>

World Energy Council. Norway. 2016. Luettu 28.3.2018. <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/sweden/solar/>

World Energy Council. Sweden. 2016. Luettu 28.3.2018. <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/sweden/solar/>

Yle uutiset. 2015. Pumppuvoimala ei tuottaisi rahaa, mutta varmistaisi sähköt Kilpisjärvelle. Luettu 7.3.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-8211159>

Yle uutiset. 2018. Sähkön varastointi tulee pientaloihin – "Kahden vuoden sisällä aurinkojärjestelmistä taloudellisesti kannattavia". Luettu 17.4.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10123130>

Ympäristöhallinto. Tuottajavastuun hakemukset tuottajarekisteriin. Luettu 21.3.2018. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Tuottajavastuun_hakemukset_tuottajarekisteriin

LIITTEET

Liite 1. IP-koodien osat ja niiden merkitykset (SFS-EN 60529 + A1)

| Osat | Numerot tai kirjaimet | Merkitys laitesuojauksessa | Merkitys henkösuojauksessa | Viite |
|------------------------------------|---|--|---|---------|
| Kirjaimet | IP | – | – | – |
| Ensimmäinen tunnusnumero | 0 1 2 3 4 5 6 | Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisään pääsystä (suojaamaton) Kun halkaisija \geq 50 mm Kun halkaisija \geq 12,5 mm Kun halkaisija \geq 2,5 mm Kun halkaisija \geq 1,0 mm pölysuojatusti pölytiivisti | Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta | Kohta 5 |
| Toinen tunnusnumero | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 | Suojattu veden sisään pääsyn haitallisuilta vaikutukselta (suojaamaton) pystysuoraan tippuvailta vedeltä tippuvailta vedeltä (laitteen kallistus 15°) sätävältä vedeltä roiskuvailta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytalkaiselta upotukselta jatkuvalta upotukselta | – | Kohta 6 |
| Lisäkirjain (vapaaehtoinen) | A B C D | – | Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta nyrkiltä sormelta työkalulta langalta | Kohta 7 |
| Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen) | H M S W | Täydentävän tiedon merkitys Suurjännitelaitte Vesisuojaus testattu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus testattu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on testattu erityisiin sää- oloihin | – | Kohta 8 |

Liite 2. Esimerkki EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta (Tukes: EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. 2016)

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

1. Tuotemalli: puhdas001

2. Valmistajan tai sen valtuutetun edustajan nimi ja osoite:

Oy Puhtaaxtuli Ab
Pesuraitti 2
33100 TAMPERE
p. 029 12345000
mail@puhtaaxtuli.fi

3. Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla.

4. Vakuutuksen kohde:

Laite: Pyykinpesukone
Tuotemerkki: Putipuhdas
Malli/tyyppi: puhdas001



5. Edellä kuvattu vakuutuksen kohde on asiaa koskevan unionin yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen:

pienjännitedirektiivi (LVD) 2014/35/EU,
sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva EMC-direktiivi 2014/30/EU,
vaarallisten aineiden käytön rajoittamista koskevan RoHS-direktiivi 2011/65/EU,
energiaan liittyvien tuotteiden ekologista suunnittelua koskevan ecodesign-direktiivi 2009/125/EY ja
sen nojalla annettu komission asetus (EU) N:o 1015/2010 koskien kotitalouksien pyykinpesukoneiden ekologista suunnittelua

6. Viittaus niihin asiaankuuluviin yhdenmukaistettuihin standardeihin, joita on käytetty, tai viittaus muihin tekniisiin eritelmiin, joiden perusteella vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu:

LVD: EN 60335-1:2012
EN 60335-2-7:2010
EN 62233:2008

EMC: EN 55014-1:2006 + A1:2009 + A2:2011
EN 55014-2:1997 + A1:2001 + A2:2008
EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009
EN 61000-3-3:2008

RoHS: EN 50581:2012

7. Valmistajan puolesta allekirjoittanut:

Tampereella 3.6.2016

Valmistaja:
Oy Puhtaaxtuli Ab

Ilmari Insinööri

Ilmari Insinööri, toimitusjohtaja